



TESIS PERANCANGAN RA092561

**EKSPLORASI *SUN SHADING* FASAD APARTEMEN  
DENGAN METODE TRANSFER ARSITEKTUR  
BIOMIMETIK (IMPLEMENTASI PUTRI MALU)**

PANJI ANOM RAMAWANGSA  
3213207003

DOSEN PEMBIMBING:  
Dr. Ing. Ir. Bambang Soemardiono  
Ir. Purwanita Setijanti, M.Sc., Ph.D.

PROGRAM MAGISTER  
BIDANG KEAHLIAN PERANCANGAN ARSITEKTUR  
JURUSAN ARSITEKTUR  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2015



**DESIGN THESIS RA092561**

# **SUN SHADING EXPLORATION ON APARTMENT FAÇADE WITH BIOMIMETIC TRANSFER (MIMOSA PUDICA IMPLEMENTATION)**

**PANJI ANOM RAMAWANGSA  
3213207003**

## **SUPERVISORS**

**Dr. Ing. Ir. Bambang Soemardiono  
Ir. Purwanita Setijanti, M.Sc., Ph.D.**

**MASTER PROGRAMME  
ARCHITECTURE DESIGN SPECIALIZATION  
ARCHITECTURE DEPARTMENT  
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING AND PLANNING  
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
SURABAYA  
2015**

## LEMBAR PENGESAHAN TESIS

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar  
Magister Arsitektur (M.Ars)  
di  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember


Oleh :  
Panji Anom Ramawangsa  
Nrp. 3213207003

Tanggal Ujian : 17 Juni 2015  
Periode Wisuda : September 2015


Disetujui oleh :



1. Dr. Ing. Ir. Bambang Soemardiono (Pembimbing I)  
NIP : 19610520 198601 1 001



2. Ir. Purwanita Setijanti, MSc., Ph.D. (Pembimbing II)  
NIP : 19590427 198503 2 001



3. Ir. I Gusti Ngurah Antaryama, Ph.D (Penguji)  
NIP : 19680425 1992101 001



4. Ir. Erwin Sudarma, M.T (Penguji)  
NIP : 19591114 1986011 001

Direktur Program Pascasarjana,



Prof. Dr. Ir. Adi Soeprijanto, M.T

NIP. 19640405 1990021 001

# **EKSPLORASI *SUN SHADING* FASAD APARTEMEN DENGAN METODE TRANSFER BIOMIMETIK (IMPLEMENTASI PUTRI MALU)**

Nama Mahasiswa : Panji Anom Ramawangsa  
NRP : 3213207003  
Pembimbing : Dr. Ing. Ir. Bambang Soemardiono  
Co-Pembimbing : Ir. Purwanita Setijanti, M.Sc., Ph.D

## **ABSTRAK**

Pencahayaan alami pada unit hunian di rumah susun (rusun) atau apartemen, sangat penting untuk dicermati, karena langsung berpengaruh pada kenyamanan visual penghuninya dalam beraktivitas sehari-hari. Hal ini lah yang menjadi latar belakang terciptanya *sun shading* yang dibutuhkan suatu bentuk penahan cahaya matahari. Dalam kaitan pendekatan metode biomimetik, tumbuhan putri malu dapat menjadi sumber ide inovasi yang inspiratif terhadap model bentuk *sun shading* dengan menganalogi karakteristik sifat gerak nasti pada turgor tumbuhan Putri malu.

Metode perancangan yang digunakan pada penelitian ini menggunakan menggunakan metode analogi menurut Nachtigall (Gruber, 2011). Dalam pengolahan geometri pada bentuk pergerakan bentuk lipatan pada *shading* serta identifikasi geometri dilakukan terhadap bentuk *sun shading* yang di ilhami dari bentuk gerak putri malu (*Mimosa Pudica*). Perancangan ini mengambil kasus salah satu apartemen di Surabaya, yaitu Apartemen Metropolis Surabaya salah satu objek apartemen yang menjadi kasus yang mengalami permasalahan pada kinerja fasad akibat minimnya pembayangan pada permukaan fasad yang berbentuk datar dan memiliki kinerja termal yang buruk pada daerah tropis.

Hasil yang diperoleh pada eksplorasi tesis desain ini adalah *sun shading* sebagai solusi pemecah masalah dalam mengurangi silau cahaya matahari dengan wujud rancangan *sun shading* kinetik dengan model bentukan geometris *sun shading* persegi yang mampu mendekati standar kenyamanan visual dengan bukaan 55% pada *sun shading* dengan nilai persentase bayangan 68 % cahaya 32 % untuk penyinaran bulan 19 Juni, bayangan 67 % cahaya 33 % untuk penyinaran bulan 15 September dan bayangan 69 % cahaya 31 % untuk penyinaran bulan 18 Desember. Untuk orientasi menghadap selatan berada pada bukaan 30 % pada bulan 18 Desember dengan nilai persentase bayangan 70 % cahaya 30 %. Model ini memiliki sistem mekanisme yang sederhana yang diintegrasikan dengan model bentuk unit hunian dengan penambahan balkon selebar 80 cm.

Kata kunci : Biomimetik, eksplorasi, putri malu, *sun shading*



# **SUN SHADING EXPLORATION ON APARTMENT FAÇADE WITH BIOMIMETIC TRANSFER (MIMOSA PUDICA IMPLEMENTATION)**

By : Panji Anom Ramawangsa  
Student Identity Number : 3213207003  
Supervisor : Dr. Ing. Ir. Bambang Soemardiono  
Co- Supervisor : Ir. Purwanita Setijanti, M.Sc., Ph.D

## **ABSTRACT**

The need of natural lighting in residential units in flats or apartments is considered very noteworthy, because it directly affects the visual comfort of the occupants in their daily activity. This is in fact one of the backgrounds of the creation of sun shading that is required to retain sunlight. In regard to the biomimetic approach, *Mimosa Pudica* can be a source of inspiring idea to the model design of sun shading to analogize the characteristic properties of *thigmonasty* in the turgid cell of *Mimosa Pudica*.

The design method used in this study is analogy method by Nachtigall (Gruber, 2011). In the geometric processing on the shading's folding movement, geometry identification was performed against sun shading's shape that was inspired from the *thigmonasty* motion of *Mimosa Pudica*. This design takes sample of one of the apartments in Surabaya, namely Metropolis Apartment, one of the apartments that became case study due to the insufficient performance of its façade from the lack of shading on the flat façade's surface causing the façade to have poor thermal performance, especially in tropical region.

The result obtained from this design thesis exploration is sun shading as a problem solver in reducing sun glare in a form of kinetic sun shading design with a square geometric design model that is capable of providing visual comfort with openings of 55% on the sun shading with a percentage value of the shadow 68% 32% light for irradiation in June 19th, shadow 67% light 33% for irradiating months September 15th and 69% light reflection 31% for the month of December 18th irradiation. For south-facing orientation of the openings are at 30% in December 18th with a value of 70% of light reflection percentage 30%. This model has a simple mechanism system that is integrated with the residential unit design with the addition of balcony with the width of 80 cm.

Keywords : Biomimetic, exploration, *Mimosa Pudica*, sun shading

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT, atas berkat dan rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan desain tesis dengan judul “Eksplorasi *Sun Shading* Fasad Apartemen Dengan Metode Transfer Biomimetik (Implementasi Putri Malu)”. Penyusunan desain tesis ini merupakan persyaratan yang harus dipenuhi dalam menyelesaikan studi program magister arsitektur (S2) pada Jurusan Arsitektur, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Penulis menyampaikan terima kasih sebanyak-banyaknya kepada :

1. Bapak Dr. Ing. Ir. Bambang Soemardiono, selaku pembimbing I yang selalu memberi arahan, masukan, kritik dan nasihat selama proses penyusunan desain tesis ini.
2. Ibu Ir. Purwanita Setijanti, M.Sc., Ph.D, selaku pembimbing II yang selalu memberi banyak arahan, masukan, kritik dan saran yang membangun dalam selama proses penyusunan desain tesis ini.
3. Bapak Ir. Gusti Ngurah Antaryama, Ph.D dan Bapak Ir. Erwin Sudarma, MT., selaku dosen penguji yang memberikan kritik dan saran yang sangat berharga kepada penulis untuk melengkapi desain tesis ini.
4. Kepada kedua orang tua, Ayah Prof. Dr. Ramadhanil Pitopang M.Si., dan Ibu Sufrida Eliani, sebagai orang tua yang selalu menuntun dan selalu ada untuk membantu penulis serta memberikan semangat untuk menyelesaikan desain tesis ini.
5. Segenap dosen Arsitektur ITS yang telah memberikan ilmu yang sangat berguna bagi penulis.
6. Terima kasih pula pada DIKTI yang telah memberikan Beasiswa Pascasarjana Dalam Negeri (BPDN) sehingga penulis memiliki kesempatan untuk menempuh studi S2 di ITS.
7. Teman-teman seluruh prodi S2 di Arsitektur berbagi informasi, berdiskusi dan saling memberikan *support* dan teman bercanda sehari-hari

8. Segenap karyawan Arsitektur ITS yang telah banyak memberikan bantuan teknis demi kelancaran studi penulis.

Penulis menyadari bahwa di dalam tesis ini masih terdapat kekurangan. Untuk itu, penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun terhadap desain tesis ini agar dapat meningkatkan kualitas dari desain tesis ini. Penulis berharap desain tesis ini dapat memberikan wawasan bagi pembaca dan kedepannya dapat dikembangkan agar hasil penelitian menjadi lebih sempurna. Semoga tesis ini bermanfaat bagi seluruh pihak.

Surabaya, Juni 2015

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL BAHASA INDONESIA .....	i
HALAMAN JUDUL BAHASA INGGRIS .....	iii
LEMBAR PENGESAHAN TESIS .....	v
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TESIS .....	vii
ABSTRAK.....	ix
ABSTRACT.....	xi
KATA PENGANTAR .....	xiii
DAFTAR ISI.....	xv
DAFTAR GAMBAR .....	xvii
DAFTAR TABEL.....	xxi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xxiii
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan dan Sasaran Konsep Rancangan.....	4
1.3.1 Tujuan Rancangan.....	4
1.3.2 Sasaran Konsep Rancangan .....	5
1.4 Batasan .....	5
1.4.1 Batasan Perancangan.....	5
1.4.2 Batasan Eksplorasi .....	5
1.5 Manfaat Penulisan .....	5
BAB 2 KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI.....	7
2.1 Apartemen .....	7
2.1.1 Pengertian Apartemen.....	7
2.1.2 Klasifikasi Apartemen.....	8
2.2 Fasade Kinetik Reponsif.....	14
2.2.1 Definisi Fasade.....	15
2.2.2 Definisi Fasad Kinetik .....	15
2.3 Cahaya Matahari.....	18
2.3.1 Definisi Cahaya Alami.....	18
2.3.2 Sistem Pencahayaan Alami Pada Bangunan .....	19
2.3.3 Faktor Pencahayaan Alami Siang Hari .....	22
2.4 Prinsip Desain <i>Sun Shading</i> .....	23
2.4.1 Definisi Sun Shading .....	23
2.4.2 Jenis dan Bentuk <i>Sun Shading</i> .....	24
2.5 Biomimetik dan Metode Transfer .....	26
2.5.1 Definisi Biomimetik.....	27
2.5.2 Metode Transfer Biomimetik.....	28
2.6 Tumbuhan Putri Malu ( <i>Mimosa Pudica</i> ).....	29
2.6.1 Kajian Tumbuhan Putri Malu ( <i>Mimosa Pudica</i> ).....	29
2.6.2 Kajian Perilaku Gerak Nasti Putri Malu ( <i>Mimosa Pudica</i> ).....	30
2.7 Kajian Penelitian Sejenis .....	31
2.8 Studi Preseden .....	35

2.8.1 Al Bahar Towers.....	35
2.8.2 Kiefer Technic Showroom.....	36
2.8.3 Eastgate Center di Harare, Zimbabwe .....	38
2.9 Kesimpulan Kajian Pustaka dan Studi Preseden.....	40
2.10 Kriteria Perancangan Dari Konsep Putri Malu .....	46
BAB 3 METODOLOGI PERANCANGAN .....	47
3.1 Proses Desain .....	47
3.2 Tahap <i>Imaging</i> (Analisa) .....	48
3.3 Tahap <i>Presenting</i> (Sintesa) .....	49
3.4 Tahap <i>Testing</i> (Evaluasi) .....	51
BAB 4 KONSEP DAN RANCANGAN .....	53
4.1 Kondisi Tapak .....	53
4.2 Kondisi Bangunan di Sekitar Apartemen Metropolis .....	54
4.3 Kondisi Iklim Tapak .....	55
4.4 Analisa Cahaya Matahari .....	57
4.5 Analisa Pembayangan pada Tapak .....	60
4.6 Konsep Rancangan.....	62
4.6.1 Implementasi Konsep <i>Sun Shading</i> Kinetik .....	63
4.6.2 Eksplorasi Gerak Pada <i>Sun Shading</i> .....	67
4.6.3 Eksplorasi Bentuk Lipatan Geometris Pada <i>Sun Shading</i> .....	71
4.6.4 Pemilihan Bentuk <i>Sun Shading</i> Kinetik.....	99
4.7 Konsep Integrasi <i>Sun Shading</i> Terhadap Bentuk Unit Hunian.....	100
4.8 Evaluasi Pembayangan Sistem Kerja <i>Sun Shading</i> Kinetik.....	120
4.9 Analisa Material dan Sistem Kerja <i>Sun Shading</i> Kinetik .....	123
4.10 Komparasi Preseden dengan Desain Apartemen Metropolis.....	126
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN .....	131
5.1 Kesimpulan .....	131
5.2 Saran.....	132
DAFTAR PUSTAKA.....	133
LAMPIRAN EVALUASI PEMBAYANGAN .....	139
BIODATA PENULIS .....	147



## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1	Tingkat lux dalam ruang (SNI 03-2001) .....	20
Tabel 2. 2	Refleksi Cahaya .....	21
Tabel 2. 3	Kerangka kajian penelitian sejenis .....	34
Tabel 2. 4	Kesimpulan Kajian Pustaka Apartemen .....	41
Tabel 2. 5	Kesimpulan Kajian Pustaka Fasad Kinetik .....	41
Tabel 2. 6	Kesimpulan Kajian Pustaka Cahaya Alami .....	42
Tabel 2. 7	Kesimpulan Kajian Pustaka <i>Sun Shading</i> .....	43
Tabel 2. 8	Kesimpulan Kajian Pustaka Biomimetik .....	44
Tabel 2. 9	Kesimpulan studi kasus .....	45
Tabel 4. 1	Rata-rata Parameter Cuaca kota Surabaya tahun 2010-2014 .....	56
Tabel 4. 2	Tabel pergerakan matahari dan cahaya matahari .....	58
Tabel 4. 3	Tabel pembayangan pada tapak .....	61
Tabel 4. 4	Evaluasi gerak <i>sun shading</i> .....	70
Tabel 4. 5	Sifat bentuk dasar .....	72
Tabel 4. 6	Parameter berdasarkan kriteria desain .....	76
Tabel 4. 7	Bentuk variasi pembayangan dan persentase bukaan bentuk <i>shading</i> persegi menghadap arah barat .....	77
Tabel 4. 8	Bentuk variasi pembayangan dan persentase bukaan bentuk <i>shading</i> persegi menghadap arah selatan .....	78
Tabel 4. 9	Evaluasi bentuk <i>shading</i> persegi .....	78
Tabel 4. 10	Bentuk variasi pembayangan dan persentase bukaan bentuk <i>shading</i> persegi model 2 menghadap arah barat .....	79
Tabel 4. 11	Bentuk variasi pembayangan dan persentase bukaan bentuk <i>shading</i> persegi model 2 menghadap arah selatan .....	80
Tabel 4. 12	Evaluasi bentuk <i>shading</i> persegi model 2 .....	81
Tabel 4. 13	Bentuk variasi pembayangan dan persentase bukaan bentuk <i>shading</i> persegi model 3 menghadap arah barat .....	82
Tabel 4. 14	Bentuk variasi pembayangan dan persentase bukaan bentuk <i>shading</i> persegi model 3 menghadap arah selatan .....	82
Tabel 4. 15	Evaluasi bentuk <i>shading</i> persegi model 3 .....	83
Tabel 4. 16	Bentuk variasi pembayangan dan persentase bukaan bentuk <i>shading</i> persegi model 4 menghadap arah barat .....	84
Tabel 4. 17	Bentuk variasi pembayangan dan persentase bukaan bentuk <i>shading</i> persegi model 4 menghadap arah selatan .....	85
Tabel 4. 18	Evaluasi bentuk <i>shading</i> persegi model 4 .....	86
Tabel 4. 19	Bentuk variasi pembayangan dan persentase bukaan bentuk <i>shading</i> segitiga menghadap arah barat .....	87
Tabel 4. 20	Bentuk variasi pembayangan dan persentase bukaan bentuk <i>shading</i> segitiga menghadap arah selatan .....	87
Tabel 4. 21	Evaluasi bentuk <i>shading</i> segitiga .....	88
Tabel 4. 22	Bentuk variasi pembayangan dan persentase bukaan bentuk <i>shading</i> lingkaran menghadap arah barat .....	89

Tabel 4. 23	Bentuk variasi pembayangan dan persentase bukaan bentuk <i>shading</i> lingkaran menghadap arah selatan .....90
Tabel 4. 24	Evaluasi bentuk <i>shading</i> lingkaran .....91
Tabel 4. 25	Bentuk variasi pembayangan dan persentase bukaan bentuk penggabungan <i>shading</i> persegi dan bentuk dasar <i>shading</i> lingkaran menghadap arah barat. ....92
Tabel 4. 26	Bentuk variasi pembayangan dan persentase bukaan bentuk penggabungan <i>shading</i> persegi dan bentuk dasar <i>shading</i> lingkaran menghadap arah selatan .....92
Tabel 4. 27	Evaluasi bentuk penggabungan <i>shading</i> persegi dan bentuk dasar <i>shading</i> lingkaran .....93
Tabel 4. 28	Bentuk variasi pembayangan dan persentase bukaan bentuk penggabungan <i>shading</i> persegi dan bentuk dasar <i>shading</i> segitiga menghadap arah barat. ....94
Tabel 4. 29	Bentuk variasi pembayangan dan persentase bukaan bentuk penggabungan <i>shading</i> persegi dan bentuk dasar <i>shading</i> segitiga menghadap arah selatan.....95
Tabel 4. 30	Evaluasi bentuk penggabungan <i>shading</i> persegi dan bentuk dasar <i>shading</i> segitiga .....95
Tabel 4. 31	Bentuk variasi pembayangan dan persentase bukaan bentuk penggabungan <i>shading</i> lingkaran dan bentuk dasar <i>shading</i> segitiga menghadap arah barat. ....97
Tabel 4. 32	Bentuk variasi pembayangan dan persentase bukaan bentuk penggabungan <i>shading</i> lingkaran dan bentuk dasar <i>shading</i> segitiga menghadap arah selatan.....97
Tabel 4. 33	Evaluasi bentuk penggabungan <i>shading</i> lingkaran dan bentuk dasar <i>shading</i> segitiga .....98
Tabel 4. 34	Evaluasi integrasi <i>sun shading</i> terhadap bentukan unit hunian .....119
Tabel 4. 35	Konsep rancangan material dan sistem kerja.....123
Tabel 4. 36	Komparasi Desain Preseden dengan Bangunan.....127

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1	Apartemen Metropolis Surabaya ( <i>Skyscrapercity</i> , 2015).....	2
Gambar 2. 1	Apartemen tipe sirkulasi Single-loaded corridor apartment (Apartments:Their Design and Development, Samuel Paul, 1968).....	9
Gambar 2. 2	Apartemen tipe sirkulasi Double-loaded corridor apartment (Apartments:Their Design and Development, Samuel Paul, 1968).....	9
Gambar 2. 3	Apartemen tipe studio (Apartemen-green-bay-pluit, 2015).....	11
Gambar 2. 4	Apartemen tipe 2 kamar (kiri) dan 3 kamar (kanan) (Apartemen-green-bay-pluit, 2015).....	11
Gambar 2. 5	Apartemen <i>Loft</i> (Apartemen Paddington Alam Sutera,2015).....	12
Gambar 2. 6	Apartemen <i>Penthouse</i> (Bataviaapartments, 2015).....	12
Gambar 2. 7	Model apartemen berbentuk Slab (Apartments:Their Design and Development, Samuel Paul, 1968).....	13
Gambar 2. 8	Model apartemen berbentuk Single tower (Apartments:Their Design and Development, Samuel Paul, 1968).....	13
Gambar 2. 9	Model apartemen berbentuk Multi tower (Apartments:Their Design and Development, Samuel Paul, 1968).....	14
Gambar 2. 10	Model apartemen berbentuk Varian (Apartments:Their Design and Development, Samuel Paul, 1968).....	14
Gambar 2. 11	Jenis Pergerakan : a) Translation, b) Rotation, c) Scaling dan , d) Deformation (Moloney, 2011).....	16
Gambar 2. 12	Analisis geometris kinetik adaptif Institut du Monde Arabe, Paris, oleh Jean Nouvel (Moloney, 2011).....	17
Gambar 2. 13	Tiga Komponen cahaya langit yang sampai pada suatu titik di bidang kerja (SNI 03-2001).....	23
Gambar 2. 14	<i>Sun Shading</i> Horizontal (Bembook.ibpsa.us, 2014).....	25
Gambar 2. 15	<i>Sun Shading</i> Vertikal (Bembook.ibpsa.us, 2014).....	25
Gambar 2. 16	<i>Sun Shading Eggcrate</i> (Bembook.ibpsa.us, 2014).....	26
Gambar 2. 17	Struktur Fasade Stadion Nasional Beijing adopsi dari sarang burung (Archdaily, 2014).....	27
Gambar 2. 18	Bentuk antena lebah (kiri) menjadi analogi sambungan pada tripod (kanan) (Gruber, 2011).....	28
Gambar 2. 19	Konsep metode analogi menurut Nachtigall (Gruber, 2011).....	29
Gambar 2. 20	Putri malu atau Mimosa pudica (Goldenratio.wikidot, 2014 ).....	30
Gambar 2. 21	Mekanisme gerak nasti pada sel-sel turgor Putri Malu (Boundless.com, 2015).....	31
Gambar 2. 22	Al Bahar Towers (Archdaily, 2015).....	35
Gambar 2. 23	Ragam pergerakan <i>shading</i> (Archdaily, 2015).....	36
Gambar 2. 24	Susunan <i>shading</i> Al Bahar Towers (Archdaily, 2015).....	36
Gambar 2. 25	Ragam variasi bukaan Kiefer Technic Showroom (explorer-singapore.com, 2015).....	37
Gambar 2. 26	<i>Shading</i> lipat Kiefer Technic Showroom (dpa.com.sg, 2015).....	37

Gambar 2. 27	Eastgate Center di Harare, Zimbabwe (Inhabitat.com, 2015).....	38
Gambar 2. 28	Ide rancangan dari rumah rayap (Inhabitat.com, 2015).....	39
Gambar 2. 29	Sirkulasi suhu termal pada bangunan (Inhabitat.com, 2015).....	39
Gambar 2. 30	Bangunan Eastgate Center diadopsi dari gundukan sarang rayap (Inhabitat.com, 2015).....	40
Gambar 3. 1	Skema <i>Design Development</i> Spiral (Zeisel 1984) .....	47
Gambar 3. 2	Proses desain eksplorasi <i>sun shading</i> kinetik .....	48
Gambar 3. 3	Integrasi metode Nachtigall dengan alur merancang <i>sun shading</i> .....	50
Gambar 3. 4	Diagram skematik proses perancangan.....	52
Gambar 4. 1	Lokasi apartemen Metropolis (Sumber : Google Earth, 2015).....	53
Gambar 4. 2	Apartemen Metropolis (Apartemen.housing-estate, 2015).....	54
Gambar 4. 3	Denah tipe pada apartemen Metropolis (belisewarumah, 2015) .....	54
Gambar 4. 4	Bangunan disekitar tapak (Google Map, 2015) .....	55
Gambar 4. 5	<i>Skyline</i> apartemen metropolis terhadap bangunan sekitarnya.....	55
Gambar 4. 6	a). Orientasi matahari dan b). sudut jatuhnya cahaya matahari .....	59
Gambar 4. 7	Analisis perbandingan bentuk dan fungsi dengan metode analogi Nachtigall .....	64
Gambar 4. 8	a) Konsep sintesis pengembangan analogi biomimetik Putri malu (vietnamnet.vn, 2015) dan b) Konsep sintesis pengembangan analogi biomimetik Putri malu pada <i>sun shading</i> kinetik .....	65
Gambar 4. 9	a) Gambar tumbuhan putri malu sebelum disentuh (vietnamnet.vn, 2015) dan b) Gambar bidang <i>shading</i> sebelum disentuh .....	65
Gambar 4. 10	a) Awal pergerakan tumbuhan putri malu akibat sentuhan (vietnamnet.vn, 2015) dan b) Posisi bidang <i>shading</i> setelah disentuh pada daerah sensorik.....	66
Gambar 4. 11	a.) Posisi daun putri malu menutup penuh (vietnamnet.vn, 2015) dan b.) Posisi <i>shading</i> membuka penuh.....	67
Gambar 4. 12	Bentuk dasar <i>sun shading</i> (bembook.ibpsa.us, 2015).....	68
Gambar 4. 13	a) Konsep bentuk sun shading (bembook.ibpsa.us, 2015) dan b) Konsep sintesis gerak sun shading kinetik.....	69
Gambar 4. 14	Indikator evaluasi a). Bidang Statis, b). Bidang gerak (kinetis), c) bidang bukaan, dan d) pembayangan.....	70
Gambar 4. 15	Bentuk dasar, a). Persegi, b). Segitiga, dan c). Lingkaran .....	72
Gambar 4. 16	Bentuk dasar <i>sun shading</i> , a). Persegi, b). Segitiga, dan c). Lingkaran .....	74
Gambar 4. 17	Bentuk dasar <i>sun shading</i> , a). Persegi model 2, b). Persegi model 3, dan c). Persegi model 4.....	74
Gambar 4. 18	a. Bentuk dasar <i>shading</i> persegi dan bentuk dasar <i>shading</i> lingkaran; b. Penggabungan bentuk dasar <i>shading</i> persegi dan bentuk dasar <i>shading</i> lingkaran; c. Hasil Konfigurasi 1 .....	75
Gambar 4. 19	a. Bentuk dasar <i>shading</i> persegi dan bentuk dasar <i>shading</i> segitiga; b. Penggabungan bentuk dasar <i>shading</i> persegi dan bentuk dasar <i>shading</i> segitiga; c. Hasil Konfigurasi 2.....	75

Gambar 4. 20	a. Bentuk dasar <i>shading</i> lingkaran dan bentuk dasar <i>shading</i> segitiga; b. Penggabungan bentuk dasar <i>shading</i> lingkaran dan bentuk dasar <i>shading</i> segitiga; c. Hasil Konfigurasi 3 .....	76
Gambar 4. 21	Bentuk dasar <i>shading</i> persegi .....	77
Gambar 4. 22	Bentuk dasar <i>shading</i> persegi model 2 .....	79
Gambar 4. 23	Bentuk dasar <i>shading</i> persegi model 3 .....	81
Gambar 4. 24	Bentuk dasar <i>shading</i> persegi model 4 .....	84
Gambar 4. 25	Bentuk dasar <i>shading</i> segitiga .....	86
Gambar 4. 26	Bentuk dasar <i>shading</i> lingkaran .....	89
Gambar 4. 27	Bentuk kondisi bukaan bentuk dasar <i>shading</i> persegi dan bentuk dasar <i>shading</i> lingkaran .....	91
Gambar 4. 28	Bentuk kondisi bukaan bentuk dasar <i>shading</i> persegi dan bentuk dasar <i>shading</i> segitiga .....	94
Gambar 4. 29	Bentuk kondisi bukaan bentuk dasar <i>shading</i> lingkaran dan bentuk dasar <i>shading</i> segitiga .....	96
Gambar 4. 30	Bentuk variasi bukaan <i>sun shading</i> persegi .....	99
Gambar 4. 31	Lokasi objek kasus pada apartemen Metropolis .....	100
Gambar 4. 32	Tampak depan unit hunian apartemen Metropolis .....	101
Gambar 4. 33	Denah unit <i>type</i> 1 kamar tidur .....	102
Gambar 4. 34	Denah unit <i>type</i> 2 kamar tidur model A .....	102
Gambar 4. 35	Denah unit <i>type</i> 2 kamar tidur model C .....	103
Gambar 4. 36	Denah unit <i>type penthouse</i> .....	103
Gambar 4. 37	Hasil perubahan denah <i>type</i> 1 kamar tidur alternatif 1 .....	104
Gambar 4. 38	Hasil perubahan denah <i>type</i> 2 kamar tidur model A alternatif 1 .....	105
Gambar 4. 39	Hasil perubahan denah <i>type</i> 2 kamar tidur model C alternatif 1 .....	105
Gambar 4. 40	Hasil perubahan denah <i>penthouse</i> alternatif 1 .....	106
Gambar 4. 41	Gambar potongan mekanisme <i>sun shading</i> pada dinding fasad kondisi menutup dan menutup 30% .....	107
Gambar 4. 42	Gambar potongan mekanisme <i>sun shading</i> pada dinding fasad bukaan 55% dan 75% .....	108
Gambar 4. 43	Perspektif peletakkan <i>sun shading</i> kinetik dengan model alternatif 1 .....	109
Gambar 4. 44	Perspektif apartemen Metropolis dengan model alternatif 1 .....	110
Gambar 4. 45	Hasil perubahan denah <i>type</i> 1 kamar tidur alternatif 2 .....	111
Gambar 4. 46	Hasil perubahan denah <i>type</i> 2 kamar tidur model A alternatif 2 .....	112
Gambar 4. 47	Hasil perubahan denah <i>type</i> 2 kamar tidur model C alternatif 2 .....	113
Gambar 4. 48	Hasil perubahan denah <i>penthouse</i> alternatif 2 .....	114
Gambar 4. 49	Gambar potongan mekanisme <i>sun shading</i> pada dinding fasad kondisi menutup dan menutup 30% dengan peletakkan balkon lebar 80 cm .....	115
Gambar 4. 50	Gambar potongan mekanisme <i>sun shading</i> pada dinding fasad bukaan 55% dan 75% dengan peletakkan balkon lebar 80 cm .....	116
Gambar 4. 51	Perspektif peletakkan <i>sun shading</i> kinetik dengan model alternatif 2 .....	117
Gambar 4. 52	Perspektif apartemen Metropolis dengan model alternatif 2 .....	118
Gambar 4. 53	Pembayangan apartemen pada tapak pada bulan September .....	121
Gambar 4. 54	Pembayangan <i>type penthouse</i> pada tower C .....	121



Gambar 4. 55	Pembayangan type <i>penthouse</i> pada tower A.....	122
Gambar 4. 56	Variasi pembayangan yang dihasilkan pada <i>penthouse</i> tower C, a) tanpa <i>sun shading</i> , b) bukaan <i>sun shading</i> 0%, c) bukaan <i>sun shading</i> 30%, d) bukaan <i>sun shading</i> 55% dan e) bukaan <i>sun shading</i> 75%.....	122
Gambar 4. 57	Variasi pembayangan yang dihasilkan pada <i>penthouse</i> tower A, a) tanpa <i>sun shading</i> , b) bukaan <i>sun shading</i> 0%, c) bukaan <i>sun shading</i> 30%, d) bukaan <i>sun shading</i> 55% dan e) bukaan <i>sun shading</i> 75% .....	122
Gambar 4. 58	(kiri) Kiefer Technic Showroom dan (kanan) Al Bahar Towers (Archdaily, 2015).....	123
Gambar 4. 59	Perbandingan sistem kerja Kiefer Technic Showroom (kiri) dan Al Bahar Towers (kanan) (Kineticarchitecture.net, 2015).....	124
Gambar 4. 60	Ragam variasi pergerakan <i>sun shading</i> .....	125
Gambar 4. 61	Detail mekanisme <i>sun shading</i> .....	125
Gambar 4. 62	Panel <i>polytetrafluoroethylene</i> (PTFE) (Jamil Majed, 2013).....	126

# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Cahaya matahari merupakan salah satu kebutuhan dalam kehidupan manusia, selain memberikan pencahayaan juga terbukti memiliki efek yang positif bagi kesehatan manusia. Akan tetapi dalam dunia arsitektur, cahaya matahari yang berlebih juga dapat mengganggu kenyamanan visual (Kensek 2011).

Masalah tentang kenyamanan visual yang ditimbulkan oleh pencahayaan alami dalam ruang, pada dasarnya penghuni bangunan menghendaki adanya pencahayaan alami. Sebuah review pada reaksi penghuni terhadap lingkungan dalam bangunan menyatakan bahwa tersedianya pencahayaan alami secara optimal sangat diinginkan karena memenuhi dua kebutuhan dasar manusia: kebutuhan visual untuk melihat, baik bidang kerja maupun ruangan dan untuk mengalami stimulasi lingkungan dari efek pencahayaan tersebut (Kensek 2011).

Pencahayaan alami pada unit hunian di apartemen, sangat penting untuk dicermati, karena langsung berpengaruh pada kenyamanan visual penghuninya dalam beraktivitas sehari-hari, dan secara tidak langsung berpengaruh pada penggunaan energi untuk pencahayaan buatan yang harus dibiayai. Menurut Nikpour dkk (2011), pencahayaan alami dapat digunakan untuk mengurangi pencahayaan buatan, untuk itu desain bentuk bangunan apartemen memegang peranan penting.

Untuk merancang fasad khususnya berkaitan dengan permasalahan silau cahaya matahari pada apartemen perlu mengikuti strategi atau kaidah-kaidah perancangan yang sesuai dengan permasalahan iklim setempat dalam hal mengendalikan intensitas pencahayaan siang hari sangatlah penting dalam upaya penggunaan cahaya matahari sesuai kebutuhan penghuni. Fasade merupakan elemen bangunan yang dapat memberikan gambaran tentang fungsi, karakteristik, kesan yang ingin diciptakan dari arsitek yang merancangnya.

Menurut Darmawan (2008), apartemen Metropolis Surabaya salah satu objek apartemen yang mengalami permasalahan pada kenyamanan visual akibat

minimnya pembayangan pada permukaan fasad serta fasad yang berbentuk datar. Sehingga penggunaan sistem pembayangan *shading device* atau orientasi yang benar dapat membantu kinerja yang tidak maksimal pada fasad.



Gambar 1. 1 Apartemen Metropolis Surabaya (*Skyscrapercity*, 2015)

Hal ini lah yang menjadi latar belakang terciptanya *sun shading* yang dibutuhkan suatu bentuk penahan cahaya matahari pada bukaan yang mampu mengontrol cahaya matahari yang masuk ke dalam bangunan (Olgyay) *Sun shading* itu sendiri adalah sebuah material yang dipasang di sisi luar fasad yang bertujuan dapat mereduksi atau menangkal cahaya matahari yang masuk ke dalam ruangan. Secara astronomis Indonesia terletak diantara  $6^{\circ}$  LU dan  $11^{\circ}$  LS. Berdasarkan letak astronomis tersebut, Indonesia termasuk kedalam daerah tropis dan mempunyai suhu rata-rata umumnya dapat mencapai  $35^{\circ}\text{C}$  (Talarosha 2005). Menurut penelitian Ren Wei (2009) dalam jurnal berjudul *Generative Sun Shade Design* menjelaskan bahwa *sun shading* merupakan sebuah solusi untuk memecahkan masalah terhadap cahaya matahari berlebih yang memberikan dampak kenaikan suhu dan mengganggu kenyamanan visual (silau), dengan cara memperhatikan cara peletakkan *sun shading* pada tempat yang sesuai dengan orientasi matahari sehingga penggunaan *sun shading* lebih akurat dan optimal.

Oleh karena itu perancangan mengenai *sun shading* pada hunian vertikal menjadi penting untuk dilakukan. Selain itu, secara arsitektural *sun shading* sangat penting untuk dicermati, karena berkaitan erat dengan perimbangan antara estetika bangunan dan penggunaan energi untuk pencahayaan bangunan, terutama untuk bangunan berlantai banyak yang menuntut pemakaian energi secara proporsional.

Dewasa ini perkembangan arsitektur pada era modern ini sangat pesat, seperti banyak yang menggabungkan arsitektur dengan teknologi canggih, contohnya adalah *kinetic sun shading*. Desain *sun shading* dengan penambahan mekanisme penggerak dapat dianggap sebagai solusi gabungan dari arsitektur dan situasi siang hari (*daylight*) untuk mengoptimalkan fungsi dari *sun shading* sehingga cahaya matahari yang masuk ke dalam bangunan dapat terkontrol dengan optimal (Wei 2009). Pada perancangan ini *kinetic sun shading* memiliki acuan bergerak berdasarkan perubahan letak matahari yang menyinari bangunan, pada perancangan ini pergerakan matahari hanya diambil pada titik titik ekstrim, di harapkan pergerakannya dapat mengoptimalkan kinerja *sun shading*, lalu untuk waktu Bergerakannya dapat diatur sendiri oleh penggunanya dalam rangka meningkatkan kinerja fungsinya. Untuk mekanisme cara bergerak penulis berencana untuk memakai mekanisme penggerak otomatis (motor), dimana *sun shading* bergerak secara melipat..

Contoh bangunan yang mampu menyelesaikan masalah cahaya matahari dengan desain kinetik dalam bentuk melipat adalah bangunan Al Bahar Towers karya Aedas dan Kiefer Technic Showroom karya Ernst Giselbrecht + Partner. Bangunan ini merupakan contoh bangunan yang mampu mengintegrasikan teknologi yang sudah ada menjadi suatu bagian kompleks dengan menyelesaikan permasalahan yang sudah ada.

Biomimetik merupakan sebuah pendekatan yang menggunakan sistem alam sebagai model untuk memecahkan masalah yang dihadapi manusia. Saat ini ilmu biomimetik terus berkembang dan digunakan dalam berbagai disiplin ilmu, salah satunya adalah dalam desain arsitektur. Salah satu karya arsitektur dengan menggunakan konsep biomimetik adalah Eastgate Center di Harare, Zimbabwe. Bangunan ini menjadikan bentuk mekanisme sarang rayap sebagai konsep penyelesaian masalah termal pada bangunan Eastage.

Dalam kaitan pendekatan metode biomimetik, tumbuhan putri malu dapat menjadi sumber ide inovasi yang inspiratif terhadap model gerak bentuk melipat *sun shading* dengan menganalogi karakteristik sifat gerak turgor Putri malu menjadi perpaduan pengetahuan dan seni dengan karakteristik kegunaan tertentu.

## **1.2 Perumusan Masalah**

Dari penjabaran latar belakang yang telah dikemukakan sebelumnya dapat ditarik sebuah permasalahan perancangan yaitu silau cahaya matahari yang berlebih ke fasad bangunan apartemen Metropolis. Dari permasalahan tersebut maka rancangan yang diperlukan adalah desain *sun shading* kinetik yang mampu melipat untuk mengendalikan silau cahaya matahari yang dihadirkan dengan konsep bantuan sistem penggerak motorik kinetik dengan metode transfer biomimetik dengan implementasi dari gerak nasti tumbuhan putri malu pada gerak kinetik motorik *sun shading*.

Dengan demikian pemecahan masalah yang dapat dilihat adalah bagaimana desain *sun shading* kinetik dengan metode transfer biomimetik sebagai konsep pengendali silau matahari yang terintegrasi terhadap desain bentuk fasad dan ruang apartemen Metropolis ?

## **1.3 Tujuan dan Sasaran Konsep Rancangan**

Tujuan dan sasaran rancangan yang dilakukan pada tesis desain ini mencakup 2 (dua) komponen objek kasus berupa wujud rancangan *sun shading* kinetik dengan konsep biomimetik tumbuhan putri malu.

### **1.3.1 Tujuan Rancangan**

Adapun tujuan yang ingin dicapai pada rancangan yang akan dilakukan pada tesis desain ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk mendapatkan eksplorasi ragam gerak bentuk *sun shading* kinetik dengan metode transfer biomimetik yang ditinjau dari kinerja pada tampilan *sun shading* kinetik.
2. Merumuskan metode transfer biomimetik yang tepat bagi bentuk *sun shading* kinetik dengan implementasi gerak turgor tumbuhan Putri malu
3. Mendapatkan konsep integrasi desain *sun shading* kinetik yang terpilih terhadap objek kasus fasad apartemen Metropolis.
4. Menetapkan kriteria desain berdasarkan kajian pustaka, kajian teori, penelitian sebelumnya dan studi kasus.



### **1.3.2 Sasaran Konsep Rancangan**

Sasaran yang ingin dicapai dalam konsep rancangan ini adalah untuk mendapatkan ragam gerak bentuk lipatan dalam rancangan *sun shading* kinetik yang tepat sehingga dapat di aplikasikan terhadap objek kasus fasad apartemen Metropolis

### **1.4 Batasan**

Batasan dalam penyusunan tesis desain ini terbagi atas 2 (dua) yaitu membuat batasan tersendiri pada perancangan yang akan dilakukan serta batasan eksplorasi pada *sun shading*.

#### **1.4.1 Batasan Perancangan**

Perancangan ini akan memberikan fokus pada 2 tahap yaitu :

1. Fasad Apartemen Metropolis

Identifikasi terhadap bentuk fasad apartemen Metropolis dilakukan untuk mendapatkan konsep bentuk integrasi antara desain *sun shading* kinetik terhadap bentuk rancang ruang hunian yang terpilih.

2. Gerak melipat bentuk *sun shading* kinetik

Identifikasi terhadap gerak *sun shading* kinetik dilakukan untuk mendapatkan konsep gerak melipat pada *shading* yang menyesuaikan terhadap model mekanisme gerak motorik dengan metode transfer biomimetik.

#### **1.4.2 Batasan Eksplorasi**

Batasan eksplorasi yang dilakukan adalah penggubahan bentuk lipatan geometris yang dihasilkan terhadap komponen *sun shading* kinetik dengan menerapkan metode transfer biomimetik.

### **1.5 Manfaat Penulisan**

Diharapkan dari perancangan ini dapat memberikan manfaat secara teoritis dan praktis.

1. Manfaat teoritis bagi akademisi dari perancangan ini adalah untuk memperkaya ruang lingkup eksplorasi bentuk *sun shading* fasad kinetik.

2. Manfaat praktis bagi para prsktisi dari perancangan ini adalah untuk mendapatkan ragam gerak bentuk variasi rancangan *sun shading* fasad kinetik yang dihasilkan dapat menjadi tolak ukur pada perancangan fasad apartemen ataupun bangunan lainnya.

## **BAB 2**

### **KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI**

#### **2.1 Apartemen**

Apartemen merupakan salah satu variasi jenis hunian yang diminati oleh masyarakat terutama yang tinggal di kota-kota besar. Jika dahulu rumah biasa (*landed house*) menjadi primadona pilihan tempat tinggal, kini kecenderungan itu sedikit demi sedikit mulai bergeser. Hal ini bukan disebabkan oleh faktor tren, melainkan timbul masalah permukiman di perkotaan yang kian pelik. Oleh sebab itulah, apartemen yang merupakan hunian vertikal menjadi alternatif yang layak bagi pengembang perumahan di wilayah pusat kota untuk dapat memenuhi kebutuhan masyarakat terhadap tempat tinggal.

Bagi masyarakat kota, tinggal di apartemen sebenarnya bukanlah hal istimewa. Tinggal di apartemen sama seperti tinggal di komplek perumahan, bahkan fasilitas yang tersediapun hampir sama. Yang menjadi perbedaan adalah bentuknya, apartemen berbentuk vertikal sehingga penggunaan lahan lebih efisien dan merupakan solusi yang paling ideal untuk menyelesaikan masalah permukiman di kota.

Pada penelitian tesis ini, apartemen akan menjadi objek kasus terutama pada bagian fasad untuk menjadi objek eksplorasi *sun shading* kinetik. Adapun pada tahap ini akan menjelaskan beberapa definisi apartemen berdasarkan beberapa sumber serta jenis-jenis apartemen yang sudah ada.

##### **2.1.1 Pengertian Apartemen**

Berikut beberapa definisi apartemen menurut beberapa pendapat, diantaranya :

1. Menurut Poerwadarminta, (1991) : Kamar atau beberapa kamar (ruangan) yang diperuntukkan sebagai tempat tinggal, terdapat di dalam suatu bangunan yang biasanya mempunyai kamar atau ruangan-ruangan lain semacam itu.
2. Menurut Joseph de Chiara (*Time saver Standards for Building Types*) : Suatu kompleks hunian dan bukan sebuah tempat tinggal yang berdiri sendiri

3. Menurut pasal 1 UURS no.16 tahun 1985: Gedung bertingkat yang dibangun dalam suatu lingkungan, terbagi atas bagian-bagian yang distrukturkan secara fungsional dalam arah vertikal dan horizontal dan merupakan satuan-satuan yang dapat dimiliki dan digunakan secara terpisah, yang dilengkapi dengan bagian bersama, tanah bersama dan benda bersama.

### **2.1.2 Klasifikasi Apartemen**

Berikut dijabarkan beberapa jenis-jenis klasifikasi apartemen :

1. Klasifikasi Apartemen Berdasarkan Tinggi dan Besar bangunan

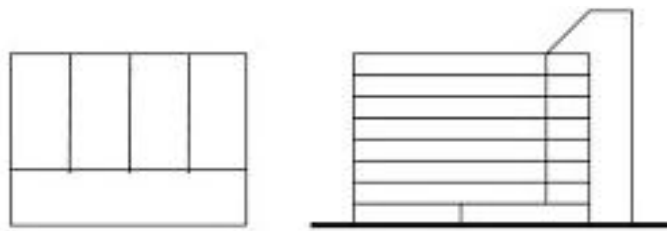
Berdasarkan kategori jenis dan besar bangunan, apartemen terdiri atas :

- a. *High-rise* Apartemen. Bangunan apartemen yang terdiri atas lebih dari sepuluh lantai. Dilengkapi area parkir bawah tanah, sistem keamanan dan servis penuh. Struktur apartemen lebih kompleks sehingga desain unit apartemen cenderung standar. Jenis ini banyak dibangun di pusat kota.
- b. *Mid-Rise* Apartemen. Bangunan apartemen yang terdiri dari tujuh sampai dengan sepuluh lantai. Jenis apartemen ini lebih sering dibangun di kota satelit.
- c. *Low-Rise* Apartemen. Apartemen dengan ketinggian kurang dari tujuh lantai dan menggunakan tangga sebagai alat transportasi vertikal. Biasanya untuk golongan menengah ke bawah.
- d. *Walked-Up* Apartemen. Bangunan apartemen yang terdiri atas tiga lantai sampai dengan enam lantai. Apartemen ini kadang-kadang memiliki lift, tetapi bisa juga tidak. Jenis apartemen ini disukai oleh keluarga yang besar (keluarga inti ditambah dengan orang tua). Gedung apartemen hanya terdiri dari dua atau tiga unit apartemen.
- e. *Garden* Apartemen. Bangunan apartemen dua sampai empat lantai. Apartemen ini memiliki halaman dan taman disekitar bangunan. Apartemen ini sangat cocok untuk keluarga inti yang memiliki anak kecil karena anak-anak dapat mudah mencapai ke taman. Biasanya untuk golongan menengah ke atas.

## 2. Klasifikasi Apartemen Berdasarkan Sirkulasi Horizontal

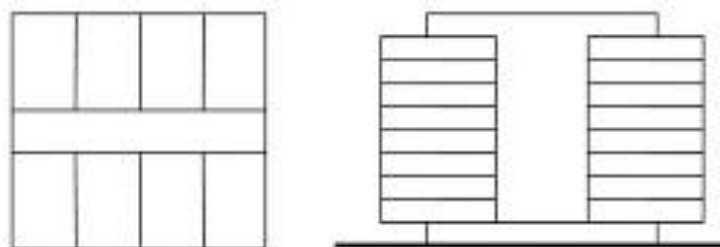
Sirkulasi horizontal pada apartemen adalah berupa koridor. Berdasarkan macam bentuk koridor, apartemen dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu:

- a. *Single-loaded corridor apartment* : Apartemen dengan tipe koridor ini dapat terbagi lagi menjadi dua yaitu :
  - *Open corridor apartment*. Koridor pada tipe ini bersifat terbuka dengan pembatas terhadap ruang luar berupa tembok atau railing yang ketinggiannya tidak lebih dari 1 – 1,5 meter.
  - *Closed corridor apartment*. Koridor bersifat tertutup oleh dinding, kadang memiliki bukaan berupa jendela ataupun jalusi atau bahkan tidak ada bukaan sama sekali.



Gambar 2. 1 Apartemen tipe sirkulasi Single-loaded corridor apartment  
(Apartments: Their Design and Development, Samuel Paul, 1968)

- b. *Double-loaded corridor apartment* : Tipe koridor pada apartemen ini dikelilingi oleh unit-unit hunian sehingga seringkali terletak ditengah-tengah bangunan (*central corridor*).



Gambar 2. 2 Apartemen tipe sirkulasi Double-loaded corridor apartment  
(Apartments: Their Design and Development, Samuel Paul, 1968)



### 3. Klasifikasi Apartemen Berdasarkan Sirkulasi Vertikal

Berdasarkan sirkulasi vertikal, apartemen dapat dibagi menjadi dua kelompok yaitu (Site Planning, 1984 : 280 – 281) :

a. *Walk-up Apartment* : Pada apartemen ini sirkulasi vertikal utamanya adalah menggunakan tangga. Ketinggian bangunan apartemen ini maksimal hanya 4 lantai. Apartemen ini dirancang dengan koridor seminimal mungkin dan kebanyakan unit hunian dekat dengan tangga sirkulasi. Apartemen ini dapat dibagi lagi menjadi dua berdasarkan letak tangga sirkulasinya, yaitu :

- *Core – type walk up apartment*. Pada apartemen tipe ini tangga sirkulasi (*stair core*) dikelilingi oleh unit-unit hunian. Berdasarkan jumlah unit hunian yang mengelilinginya, apartemen ini dapat dibagi lagi menjadi 3 tipe yaitu :
  - Duplex : tangga sirkulasi apartemen dikelilingi dua unit hunian
  - Triplex : tangga sirkulasi apartemen dikelilingi tiga unit hunian
  - Quadruplex : tangga sirkulasi apartemen dikelilingi empat unit hunian
- *Corridor – type walk up apartment*. Pada apartemen ini tangga sirkulasi terletak di kedua ujung koridor. Dengan menggunakan tipe sirkulasi ini dapat memperbanyak jumlah unit pada satu lantai.

b. *Elevator Apartment*. Pada apartemen ini sirkulasi vertikal utamanya adalah lift dan memiliki sirkulasi vertikal sekunder berupa tangga yang seringkali juga merupakan tangga darurat. Umumnya apartemen ini dilengkapi dengan lobby atau ruang tunggu lift. Ketinggian bangunan umumnya diatas 6 lantai. Ada dua macam sistem lift yang dapat digunakan pada tipe apartemen ini yaitu:

- Lift yang digunakan berhenti di setiap lantai bangunan
- Lift yang digunakan diprogram untuk berhenti hanya pada lantai-lantai tertentu pada bangunan (*Skip – floor elevator system*). Umumnya system ini digunakan pada apartemen dengan sistem penyusunan lantai Duplex. Kelebihan sistem ini antara lain dapat mengurangi koridor publik dan memperluas ukuran unit hunian pada lantai dan lift tidak berhenti. Kelemahannya terletak pada perlunya menambah tangga pada setiap unit hunian.

#### 4. Klasifikasi Apartemen Berdasarkan Tipe Unit

Klasifikasi pada apartemen berdasarkan tipe unitnya ada empat yaitu:

##### 1. *Studio*

Unit apartemen yang hanya memiliki satu ruang. Ruang ini sifatnya multifungsi sebagai ruang duduk, kamar tidur dan dapur yang semula terbuka tanpa partisi. Satu-satunya ruang yang terpisah biasanya hanya kamar mandi. Apartemen tipe studio relatif kecil. Tipe ini sesuai dihuni oleh satu orang atau pasangan tanpa anak. Luas minimal 20-35 m<sup>2</sup>.



Gambar 2. 3 Apartemen tipe studio (Apartemen-green-bay-pluit, 2015)

##### 2. Apartemen 1, 2, 3 Kamar / Apartemen Keluarga

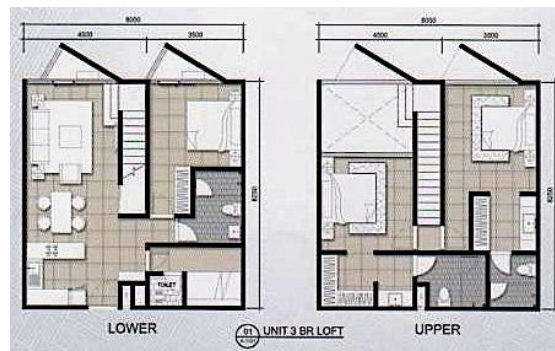
Pembagian ruang apartemen ini mirip rumah biasa. Memiliki kamar tidur terpisah serta ruang duduk, ruang makan, dapur yang bias terbuka dalam satu ruang atau terpisah. Luas apartemen ini sangat beragam tergantung ruang yang dimiliki serta jumlah kamarnya. Luas minimal untuk satu kamar tidur adalah 25 m<sup>2</sup>, 2 kamar tidur 30 m<sup>2</sup>, 3 kamar tidur 85 m<sup>2</sup>, dan 4 kamar tidur 140 m<sup>2</sup>.



Gambar 2. 4 Apartemen tipe 2 kamar (kiri) dan 3 kamar (kanan) (Apartemen-green-bay-pluit, 2015)

### 3. *Loft*

*Loft* adalah bangunan bekas gudang atau pabrik yang kemudian dialihfungsikan sebagai apartemen. Caranya adalah dengan menyekat-nyekat bangunan besar ini menjadi beberapa hunian. Keunikan apartemen adalah biasanya memiliki ruang yang tinggi, mezzanine atau dua lantai dalam satu unit. Bentuk bangunannya pun cenderung berpenampilan industrial. Tetapi, beberapa pengembang kini menggunakan istilah *loft* untuk apartemen dengan mezzanine atau dua lantai tetapi dalam bangunan yang baru. Sesungguhnya ini salah kaprah karena kekhasan *loft* justru pada konsep bangunan bekas pabrik dan gudangnya.



Gambar 2. 5 Apartemen *Loft* (Apartemen Paddington Alam Sutera, 2015)

### 4. *Penthouse*

Unit hunian ini berada dilantai paling atas sebuah bangunan apartemen. Luasnya lebih besar daripada unit-unit di bawahnya. Bahkan, kadang-kadang satu lantai hanya ada satu atau dua unit saja. Selain lebih mewah, penthouse juga sangat privat karena memiliki lift khusus untuk penghuninya. Luas minimumnya adalah 300 m<sup>2</sup>.



Gambar 2. 6 Apartemen *Penthouse* (Bataviaapartments, 2015)

## 5. Klasifikasi Apartemen Berdasarkan Bentuk Massa Bangunan

Ada 3 macam tipe apartemen berdasarkan bentuk massa bangunannya yaitu :

### a. Apartemen berbentuk *Slab*

Pada apartemen berbentuk *slab*, antara tinggi bangunan dan lebar/panjang bangunan hampir sebanding, sehingga bangunan berbentuk seperti kotak yang pipih. Biasanya memiliki koridor yang memanjang dengan unit-unit hunian berada di salah satu atau kedua sisi koridor.



Gambar 2. 7 Model apartemen berbentuk Slab (Apartments: Their Design and Development, Samuel Paul, 1968)

### b. Apartemen berbentuk *Tower*

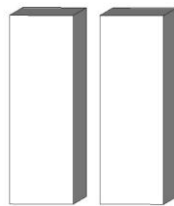
Pada apartemen berbentuk tower, lebar/panjang bangunan lebih kecil dibandingkan dengan tingginya sehingga bentuk bangunan seperti tiang. Biasanya ketinggian bangunannya diatas 20 lantai. Sistem sirkulasinya menggunakan sistem core karena menggunakan lift. Ada berbagai variasi bentuk *tower* antara lain :

- *Single tower* : Apartemen dengan hanya satu massa bangunan. Core umumnya terletak di tengah. Ruang koridor dapat diminimalkan. Unit-unit hunian akan terletak dekat dengan tangga dan lift. Berdasarkan bentuk massa, apartemen dengan satu tower dapat dibedakan menjadi tower plan, expanded tower plan, circular plan, cross plan, dan five wing plan.



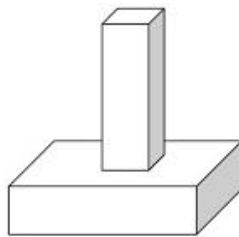
Gambar 2. 8 Model apartemen berbentuk Single tower (Apartments: Their Design and Development, Samuel Paul, 1968)

- *Multi tower* : Apartemen yang memiliki lebih dari satu massa bangunan. Antara massa bangunan dapat dihubungkan oleh suatu massa penghubung ataupun hanya berupa pedestrian penghubung saja. Bila massa bangunan dihubungkan oleh suatu massa penghubung, umumnya massa penghubung terletak di tengah dengan massa lain mengelilinginya. Lift dan tangga diletakkan pada massa penghubung tersebut. Sementara untuk massa yang hanya dihubungkan oleh pedestrian, tiap massa akan memiliki lift dan tangga masing-masing.



Gambar 2. 9 Model apartemen berbentuk Multi tower (Apartments:Their Design and Development, Samuel Paul, 1968)

- c. Apartemen dengan bentuk *Varian* (campuran antara *Slab* dan *Tower*)



Gambar 2. 10 Model apartemen berbentuk Varian (Apartments:Their Design and Development, Samuel Paul, 1968)

Berdasarkan penjabaran kalsifikasi apartemen diatas, maka dapat dijelaskan bahwa model apartemen Metropolis termasuk dalam kategori apartemen berbentuk varian yaitu campuran antara *slab* dan *tower* dengan kategori jenis dan besar bangunan *High-rise* Apartemen dan memiliki tipe sirkulasi *Double-loaded corridor apartmen*.

## 2.2 Fasade Kinetik Reponsif

Sebelum mendefinisikan tentang fasad kinetik reponsif, maka perlu pada bagian ini menjelaskan masing-masing definisi tentang fasad dan kinetik serta jenis-jenis komposisi di dalamnya.

Adapun tahap-tahap ini meliputi definisi fasad serta komposisi tersusun yang ada pada fasad. Setelah itu mendefinisikan fasad kinetik serta jenis-jenis gerak kinetik yang ada berdasarkan definisi-definisi dari beberapa sumber.

### **2.2.1 Definisi Fasade**

Fasade merupakan elemen arsitektur terpenting yang mampu menyuarakan fungsi dan makna sebuah bangunan (Krier, 1988). Fasade tidaklah semata-mata mengenai memenuhi „persyaratan alami“ yang ditentukan oleh organisasi dan ruang dibalikinya. Fasade menyampaikan keadaan budaya saat bangunan itu dibangun; fasade mengungkap kriteria tatanan dan penataan, dan berjasa memberikan kemungkinan dan kreativitas dalam ornamentasi dan dan dekorasi.

Fasad berasal dari kata *facies*, merupakan sinonim dari *face* serta *appearance*, sehingga oleh Krier didefinisikan sebagai komposisi yang mempertimbangkan fungsional dari jendela, pintu, pelindung matahari dan bidang atap sehingga tercipta kesatuan harmonis dan proposional baik dari struktur horisontal maupun vertikal, bahan bangunan, warna hingga elemen dekoratifnya (Krier, 1988).

Oleh sebab itu Krier mendetailkan elemen-elemen yang penting dari sebuah fasad :

1. Pintu, salah satu pelubangan dinding yang tidak boleh dihilangkan dalam komposisi fasad rumah tinggal dan bentuk pintu dapat melambangkan karakter penghuninya.
2. Jendela, mempunyai fungsi lubang sirkulasi udara, masuknya cahaya matahari dan area memperoleh *view* ke luar ruangan.
3. Dinding adalah pembatas ruang.
4. Tritisan adalah perpanjangan bidang atap yang menjorok melebihi dinding, yang berfungsi baik sebagai pelindung cahaya matahari ataupun cucuran air hujan.
5. *Sun shading* adalah pelindung jendela untuk fungsi seperti tritisan.

### **2.2.2 Definisi Fasad Kinetik**

Istilah kinetik dalam konteks ini adalah memiliki kemampuan yang terpengaruh oleh perubahan geometri secara keseluruhan atau sebagian tanpa kehilangan integritas sistem. Struktur kinetik yang adaptif memiliki keuntungan

dalam kemampuan untuk merespon perubahan kondisi, seperti cuaca, waktu hari, dan lokasi

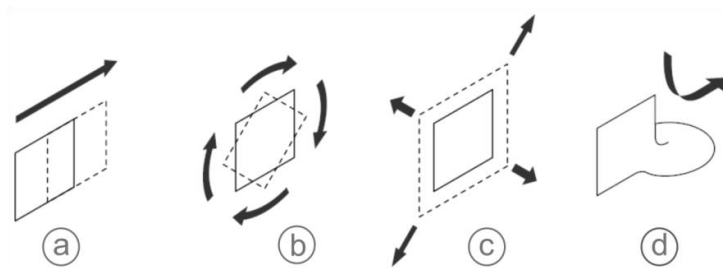
Dalam istilah kinetik, maka perlu membuat sebuah perbedaan antara kinetika dan sebuah pendekatan lainnya dalam merancang desain yang dapat bergerak. Biasanya dalam ilmu teori dan praktisi dalam arsitektur, kinetik / gerakan memiliki definisi yang berbeda menjadi beberapa hal :

1. Perubahan aktifitas penghuni
2. Gerakan secara fisik dari penghuni
3. Adanya pergerakan akibat efek otik perubahan cahaya dan kelembaban udara
4. Adanya gerakan akibat pergerakan suatu bahan
5. Representasi gerakan melalui bentuk dan permukaan yang muncul secara dinamis
6. Metode desain yang menggunakan transformasi bentuk geometris atau pergerakan teknik animasi lainnya.

Masing-masing mode yang telah diuraikan diatas, dapat disimpulkan bahwa kinetika dalam arsitektur mengalami definisi yang berbeda seiring perkembangan zaman. Pengertian kinetik/pergerakan ini berubah seiring ruang lingkup penelitian yang menggunakan pendekatan pergerakan/kinetik dalam arsitektur.

Fasad kinetik adalah sebuah konsep di mana fasad yang dirancang untuk memungkinkan bagian dari struktur untuk bergerak, tanpa mengurangi integritas struktural secara keseluruhan.

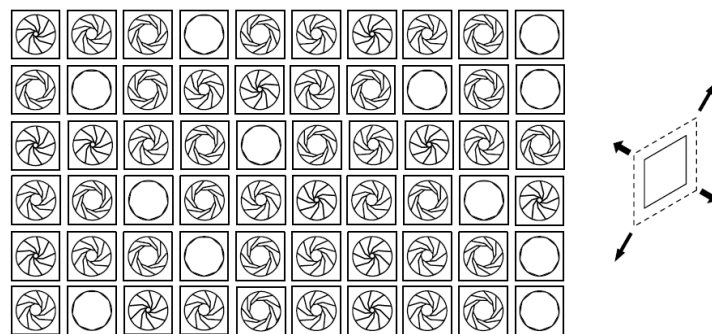
Menurut Moloney (2011), dalam kinetis terdapat tiga penjabaran bentuk transformasi *kinetic façade* secara umum yaitu *translation*, *rotation*, *scaling*, dan *material deformation* yang umumnya bentuk ini digunakan pada fasad bangunan yang menerapkan konsep kinetik.



Gambar 2. 11 Jenis Pergerakan : a) Translation, b) Rotation, c) Scaling dan , d) Deformation (Moloney, 2011)

*Translation* adalah gerakan sebuah bidang atau komponen pada arah yang sama, *rotation* adalah gerakan sebuah bidang atau komponen dengan memutar pada sumbu axis tertentu, dan *scaling* bergerak dengan cara merubah ukuran, memuai atau kontraksi dari ukuran semula. Gerakan pada tipe *material deformation* dengan cara memanipulasi sifat material.

Kemampuan sebuah bangunan untuk gerak dapat digunakan hanya untuk: meningkatkan kualitas estetika nya; menanggapi kondisi lingkungan; dan melakukan fungsi yang tidak mungkin untuk struktur statis. Kemungkinan untuk implementasi praktis arsitektur kinetik meningkat tajam pada akhir abad ke-20 karena kemajuan dalam mekanika, elektronika, dan robotika.



Gambar 2. 12 Analisis geometris kinetik adaptif Institut du Monde Arabe, Paris, oleh Jean Nouvel (Moloney, 2011)

Adaptif desain pola kinetik masih baru dalam arsitektur dan bidang pemodelan tiga dimensi, strategi yang tepat dalam desain pola yang diperlukan untuk membantu desainer meningkatkan kemampuan desain mereka dan belajar tentang bidang baru. Struktur kinetik adaptif bereaksi terhadap perubahan lingkungan, sehingga menghasilkan bentuk perubahan bentuk. Kondisi ini membuat struktur kinetik adaptif menjadi bahan permodelan desain serta implementasi alat yang dapat dieksplorasi. Proses permodelan ini menyajikan kinerja dan desain berbasis simulasi. Secara umum, hal ini merupakan pendekatan terpadu interdisipliner untuk pemodelan, memprediksi dan menganalisis perilaku sistem, sehingga secara garis besar proses permodelan merupakan inti dari rekayasa virtual.

Ketika arsitektur kinetik beradaptasi merespon dengan menyesuaikan diri dengan perubahan lingkungan, membentuk suatu sistem ekologi. Hal ini



disebabkan karena terjadi pergeseran saling ketergantungan antar sistem komponen kinetik dengan kondisi alam. Saat ini dalam dunia arsitektur telah ada pemodelan dan simulasi dalam ruang lingkup desain reponsif yang memungkinkan merancang struktur secara terpadu.

Pola kinetik adaptif dapat meningkatkan efisiensi memodulasi serta memperluas estetika kontemporer dan memberikan makna yang lebih relevan. Perubahan dalam arsitektur membutuhkan pola kinetik adaptif yang merespon untuk desain adaptif yang berfungsi dalam perubahan akan kebutuhan manusia sebagai arsitektur interaktif.

Adapun efisien pergerakan kinetik dapat dipengaruhi oleh sistem motorik pada bidangnya. Pengaruh ini dapat disebabkan oleh jumlah tungkai motorik dan kecepatan sistem mekanisme geraknya. Efisiensi pergerakan kinetik menjadi konsep dasar dalam pengaplikasian dalam arsitektur. Semakin mudah sistem motorik kinetik, maka semakin baik dan efisien dalam sistem kinetik (Jamil Majed, 2013).

## **2.3 Cahaya Matahari**

Cahaya matahari merupakan salah satu sumber cahaya alami yang menyinari permukaan bumi secara berkala, cahaya ini sangat dibutuhkan dalam kelangsungan kehidupan makhluk hidup yang ada di bumi.

Berikut dijelaskan definisi cahaya alami (matahari) beserta komponen-komponen pembentuk cahaya alami itu sendiri. Selain itu ditinjau dari sifat sifat yang dimiliki cahaya matahari dan hubungan cahaya matahari dan manusia ditinjau dari segi arsitektur.

### **2.3.1 Definisi Cahaya Alami**

Menurut *The Concise Oxford English Dictionary* , cahaya didefinisikan sebagai unsur alam yang mampu merangsang indera penglihat (mata) atau media atau kondisi dari ruang yang memungkinkan mata untuk melihat atau bagian dari spektrum elektromagnetik yang dapat ditangkap oleh mata.

Cahaya didefinisikan sebagai bagian dari spektrum elektromagnetik yang dapat ditangkap oleh mata. Cahaya yang nampak adalah cahaya yang dapat

dirasakan oleh mata. Penglihatan adalah kemampuan mata untuk merasakan cahaya. Cara kerjanya dapat dianalogikan seperti cara kerja video kamera.

Pencahayaan alami dapat juga diartikan sebagai cahaya yang masuk ke dalam ruangan pada bangunan yang berasal dari cahaya matahari. Sebelum masuk kedalam ruangan melalui bukaan, cahaya ini dapat diproses terlebih dahulu dengan menggunakan *shading*. *Shading* dimaksudkan sebagai penyaring cahaya yang masuk kedalam ruangan sehingga menghasilkan kualitas pencahayaan pada ruang yang diinginkan.

### **2.3.2 Sistem Pencahayaan Alami Pada Bangunan**

Secara umum, cahaya alami didistribusikan ke dalam ruangan melalui bukaan di samping (*side lighting*), bukaan di atas (*top lighting*), atau kombinasi keduanya. Tipe bangunan, ketinggian, rasio bangunan dan tata massa, dan keberadaan bangunan lain di sekitar merupakan pertimbangan-pertimbangan pemilihan strategi pencahayaan.

Sistem pencahayaan samping (*side lighting*) merupakan sistem pencahayaan alami yang paling banyak digunakan pada bangunan. Selain memasukkan cahaya, juga memberikan keleluasaan view, orientasi, konektivitas luar & dalam, dan ventilasi udara. Posisi jendela pada dinding dapat dibedakan menjadi 3: tinggi, sedang, rendah, yang penerapannya berdasarkan kebutuhan distribusi cahaya dan sistem dinding. Strategi desain pencahayaan samping yang umum digunakan antara lain:

1. *Single side lighting*, bukaan di satu sisi dengan intensitas cahaya searah yang kuat, semakin jauh jarak dari jendela intensitasnya semakin melemah
2. *Bilateral lighting*, bukaan di dua sisi bangunan sehingga meningkatkan pemerataan distribusi cahaya, bergantung pada lebar dan tinggi ruang, serta letak bukaan pencahayaan.
3. *Multilateral lighting*, bukaan di beberapa lebih dari dua sisi bangunan, dapat mengurangi silau dan kontras, meningkatkan pemerataan distribusi cahaya pada permukaan horizontal dan vertikal, dan memberikan lebih dari satu zona utama pencahayaan alami.
4. *Clerestories*, jendela atas dengan ketinggian 210 cm di atas lantai, merupakan strategi yang baik untuk pencahayaan setempat pada permukaan

horizontal atau vertikal. Perletakan bukaan cahaya tinggi di dinding dapat memberikan penetrasi cahaya yang lebih dalam ke dalam bangunan.

5. *Light shelves*, memberikan pembayangan untuk posisi jendela sedang, memisahkan kaca untuk pandangan dan kaca untuk pencahayaan. Bisa berupa elemen eksternal, internal, atau kombinasi keduanya.
6. *Borrowed light*, konsep pencahayaan bersama antar dua ruangan yang bersebelahan, misalnya pencahayaan koridor yang didapatkan dari partisi transparan ruang di sebelahnya.

Pada dasarnya pencahayaan pada ruangan juga memiliki standar yang dikaitkan dengan kesehatan dan di Indonesia sendiri SNI (standar nasional Indonesia) memiliki standar tersebut, berikut merupakan beberapa standart pada ruangan yang dihitung dengan satuan lux :

Tabel 2. 1 Tingkat lux dalam ruang (SNI 03-2001)

<b>Fungsi Ruangan</b>	<b>Tingkat Pencahayaan (lux)</b>	<b>Kelompok renderasi warna</b>
Teras	60	1 atau 2
Ruang tamu	120-250	1 atau 2
Ruang makan	120-250	1 atau 2
Ruang kerja	120-250	1
Kamar tidur	120-250	1 atau 2
Kamar mandi	250	1 atau 2
Dapur	250	1 atau 2

Berdasarkan standar lux ruang diatas maka standar kenyamanan pada ruang hunian apartemen berkisar 120-250 lux.

Secara umum yang mempengaruhi kualitas pencahayaan antara lain kontras, silau, refleksi cahaya, dan kualitas warna cahaya (temperatur warna dan renderasi warna) :

1. Kontras (*contrast*) adalah perbedaan antara luminan (kecerahan, *brightness*) benda yang kita lihat dan luminan permukaan disekitarnya. Semakin besar kontras, semakin mudah kita melihat atau mengenali benda tadi. Di ruang yang redup, kontras semakin berkurang pula (Satwiko, 2004).
2. Silau (*glare*) terjadi jika kecerahan dari suatu bagian dari interior jauh melebihi kecerahan dari interior tersebut pada umumnya. Sumber silau yang paling umum adalah kecerahan yang berlebihan dari armatur dan

jendela, baik yang terlihat langsung atau melalui pantulan. Ada dua macam silau, yaitu *disability glare* yang dapat mengurangi kemampuan melihat (terjadi jika terdapat daerah yang dekat dengan medan penglihatan yang mempunyai luminansi jauh diatas luminansi objek yang dilihat), dan *discomfort glare* yang dapat menyebabkan ketidaknyamanan penglihatan (terjadi jika beberapa elemen interior mempunyai luminansi yang jauh diatas luminansi elemen interior lainnya). Kedua macam silau ini dapat terjadi secara bersamaan atau sendiri-sendiri (SNI 03-6575-2001).

3. Refleksi dan reflektansi (*Reflection and Reflectance*). Besarnya pencahayaan dalam ruangan tidak hanya ditentukan oleh pencahayaan langsung dari lampu tanpa atau dengan armatur, tetapi juga dipengaruhi oleh refleksi atau pantulan cahaya dari berbagai permukaan yang ada pada ruangan tersebut. Besaran pantulan cahaya dinyatakan dalam prosentase. Adapun besaran refleksi cahaya dari permukaan yang direkomendasikan dapat dilihat pada tabel berikut (Frick dkk, 2008):

Tabel 2. 2 Refleksi Cahaya

No.	Permukaan Refleksi	Reflektansi (%)	Min, - max (%)
1.	Langit-langit	70	60-90
2.	Dinding	50	30-80
3.	Bidang kerja	60	20-60
4.	Lantai	30	10-50

Sumber : Frick dkk (2008)

Di Indonesia seharusnya dapat dimanfaatkan sebaik-baiknya cahaya alami untuk penerangan siang hari di dalam bangunan. Tetapi untuk maksud ini, cahaya matahari langsung tidak dikehendaki masuk ke dalam bangunan karena penyilauan, kecuali sinar matahari pada pagi hari. Sehingga yang perlu dimanfaatkan untuk penerangan adalah cahaya langit.

Untuk bangunan berlantai banyak, makin tinggi lantai bangunan makin kuat potensi cahaya langit yang bisa dimanfaatkan. Cahaya langit yang sampai pada bidang kerja dapat dibagi dalam 3 (tiga) komponen :

1. Komponen langit.
2. Komponen refleksi luar
3. Komponen refleksi dalam

Dari ketiga komponen tersebut komponen langit memberikan bagian terbesar pada tingkat penerangan yang dihasilkan oleh suatu lubang cahaya. Faktor-faktor yang mempengaruhi besarnya tingkat penerangan pada bidang kerja tersebut adalah :

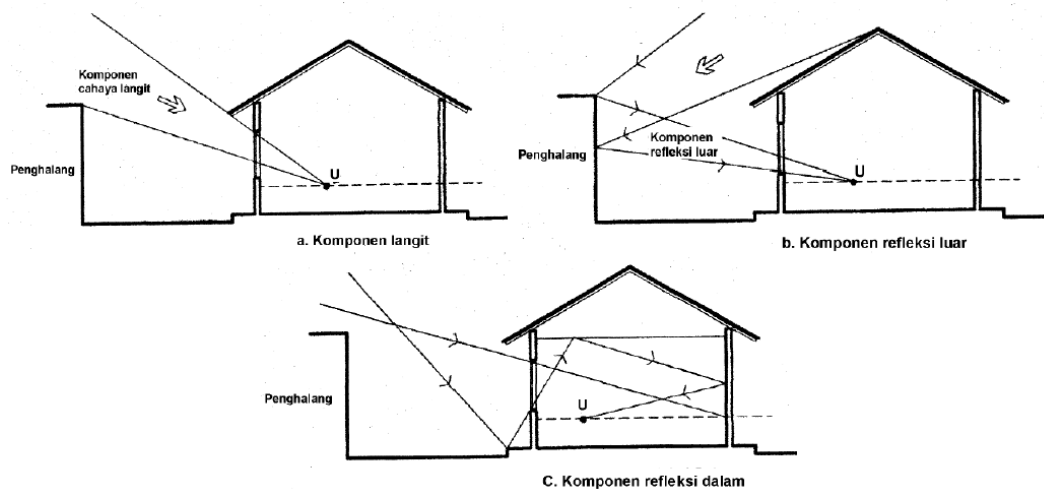
1. Luas dan posisi lubang cahaya.
2. Lebar teritis
3. Penghalang yang ada dimuka lubang cahaya
4. Faktor refleksi cahaya dari permukaan dalam dari ruangan.
5. Permukaan di luar bangunan di sekitar lubang cahaya.

Untuk bangunan berlantai banyak makin tinggi makin berkurang pula kemungkinan adanya penghalang dimuka lubang cahaya. Dari penelitian yang dilakukan, baik pada model bangunan dalam langit buatan, maupun pada rumah sederhana, faktor penerangan siang hari rata-rata 20% dapat diperoleh dengan lubang cahaya 15% dari luas lantai, dengan catatan posisi lubang cahaya di dinding, pada ketinggian normal pada langit, lebar sekitar 1 meter, faktor refleksi cahaya rata-rata dari permukaan dalam ruang sekitar 50% - 60% tidak ada penghalang dimuka lubang dan kaca penutup adalah kaca bening (yuuwono,2007)

Untuk mencapai kenyamanan visual didalam ruang, maka bangunan harus dirancang sedemikian rupa untuk dapat mengontrol perolehan cahaya matahari (penerangan) sesuai dengan kebutuhannya. Pada bangunan komersial (gedung perkantoran, perhotelan, apartemen, pusat pertokoan, rumah sakit) kenyamanan visual berkisar 30% dari jumlah cahaya yang masuk ke dalam bangunan. (Priatman, 2008)

### **2.3.3 Faktor Pencahayaan Alami Siang Hari**

Faktor pencahayaan alami siang hari adalah perbandingan tingkat pencahayaan pada suatu titik dari suatu bidang tertentu di dalam suatu ruangan terhadap tingkat pencahayaan bidang datar di lapangan terbuka yang merupakan ukuran kinerja lubang cahaya ruangan tersebut.



Gambar 2. 13 Tiga Komponen cahaya langit yang sampai pada suatu titik di bidang kerja (SNI 03-2001)

Faktor pencahayaan alami siang hari terdiri dari 3 komponen meliputi:

1. *Sky component* (SC), yaitu komponen pencahayaan langsung dari cahaya langit
2. *Externally reflected component* (ERC), yaitu komponen pencahayaan yang berasal dari refleksi benda-benda yang berada di sekitar bangunan yang bersangkutan.
3. *Internally reflected component* (IRC), yaitu komponen pencahayaan yang berasal dari refleksi permukaan-permukaan dalam ruangan.

## 2.4 Prinsip Desain *Sun Shading*

*Sun shading* merupakan bagian komponen dari fasad bangunan, yang berfungsi sebagai mereduksi kelebihan cahaya matahari sehingga membuat bayangan terhadap bangunan untuk menciptakan kenyamanan visual.

Tahap ini akan menjelaskan definisi *sun shading* yang sudah ada menurut beberapa pendapat serta mengkaji jenis-jenis bentuk *sun shading* yang sudah ada atau yang dipakai pada beberapa bangunan dengan pertimbangan beberapa kelebihan yang dimiliki.

### 2.4.1 Definisi *Sun Shading*

*Shading* yang ditambahkan pada bagian elemen fasad bisa menjadi pilihan yang sesuai dengan negara kita yang beriklim tropis. Pemasangan *shading*

digunakan untuk menciptakan bayangan-bayangan bersamaan dengan cahaya yang masuk ke rumah, sehingga dapat meredam cahaya matahari yang tidak diinginkan. Selain itu, *shading* yang dipadukan dengan selaras juga menjadi kesesuaian hunian dengan iklim tropis. *Shading* tersebut dapat berupa susunan bilah kayu, bambu, rotan, bahkan permainan bata ekspos dan roster.

Adapun berikut definisi *sun shading* menurut beberapa ahli, yaitu :

1. Menurut Handayani (2010), bukaan merupakan suatu elemen yang tidak terpisahkan dalam bangunan, khususnya terkait dengan pencahayaan dan penghawaan alami. Pada area tropis seperti Indonesia, letak dan ukuran dari suatu bukaan harus direncanakan dengan baik. Bukaan yang terlalu besar dapat menimbulkan efek silau dan pemanasan ruang akibat radiasi matahari secara langsung. Untuk mengatasi hal tersebut, penggunaan *sun shading* pada bukaan diperlukan.
2. Menurut Lechner (2001), *sun shading* merupakan salah satu strategi dan langkah pertama untuk mencapai kenyamanan didalam bangunan, akan tetapi untuk mencapai kenyamanan tersebut terdapat aspek lain yang harus diperhitungkan.

#### **2.4.2 Jenis dan Bentuk *Sun Shading***

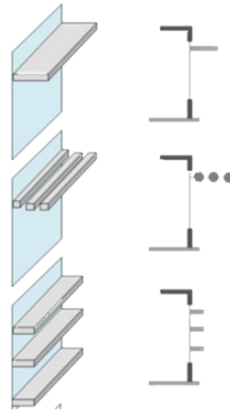
Jenis *sun shading* sangat beragam dan terbagi menjadi beberapa klasifikasi, pada penelitian yang dilakukan oleh Wall & Hube (2003), *sun shading* dibagi menjadi 3 (tiga), yaitu *External*, *Interpane*, dan *Internal*. Berikut adalah ilustrasinya.

Menurut Wall & Hube (2003), *External sun shading* adalah *sun shading* yang efektif saat musim panas. Mengingat iklim Indonesia beriklim tropis yang memiliki suhu rata-rata yang tinggi, peletakan *sun shading* pada luar bangunan adalah yang efektif.

##### **1. *Sun Shading* Horizontal**

Perangkat Horizontal memberikan keteduhan berdasarkan sudut ketinggian matahari. Paling sering terlihat dalam bentuk *overhang*, khususnya efektif untuk *shading* bangunan yang memiliki elevasi utara dan selatan. Perangkat Horizontal membiarkan rendah sudut cahaya matahari dan memblokir

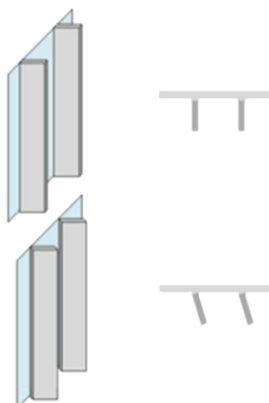
tinggi-sudut cahaya matahari, efektivitasnya bervariasi tergantung dengan perubahan ketinggian matahari.



Gambar 2. 14 *Sun Shading Horizontal* (Bembook.ibpsa.us, 2014)

## 2. *Sun Shading Vertikal*

Perangkat vertikal memberikan keteduhan berdasarkan sudut bantalan dari matahari. Efektivitas mereka bervariasi, saat matahari bergerak mengelilingi cakrawala. Perangkat vertikal memiliki kemampuan untuk memblokir rendah sudut matahari, dan akibatnya mereka sering digunakan untuk bukaan menghadap ke timur atau barat. Memblokir rendah sudut matahari juga menghalangi pandangan, dan karena perubahan bantalan matahari sekitar 15 derajat per jam, sejumlah pandangan dapat diblokir. Perangkat vertikal dapat menjadi responsif disesuaikan terhadap perubahan sudut matahari.

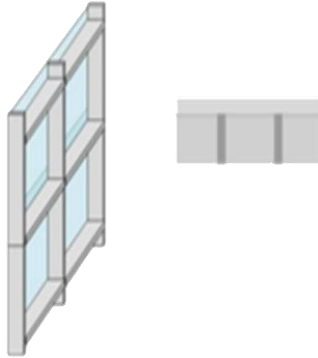


Gambar 2. 15 *Sun Shading Vertikal* (Bembook.ibpsa.us, 2014)



### 3. *Sun Shading Egg-crate*

Perangkat *shading* peti telur menggabungkan karakteristik perangkat vertikal dan horizontal untuk meningkatkan cakupan *shading*.



Gambar 2. 16 *Sun Shading Eggcrate* (Bembook.ibpsa.us, 2014)

Pada pembahasan sebelumnya, Lechner (2001) telah mengklasifikasikan 3(tiga) bentuk *sun shading* dan modifikasi terhadap bentuknya. Bentuk ini dibuat dengan orientasi matahari sebagai acuannya, akan tetapi untuk mengetahui tentang besar bentangan dan panjang dari *sun shading*, ditentukan oleh *shadow angle*. Untuk mendapatkan *shadow angle*, terdapat beberapa perimeter yang harus didapat terlebih dahulu.

1. Mencari letak geografis pada tapak (latitude dan longitude).

Letak geografis tapak merupakan krusial, dikarenakan letak geografis ini yang akan menentukan letak matahari dan orientasinya

2. Mencari posisi matahari pada tapak.
3. Menentukan *solar window* pada tapak.

*Solar window* adalah suatu rentang waktu, cahaya matahari mengenai bangunan tanpa terhalang oleh objek apapun/posisi matahari cukup tinggi sehingga pembayangan pada bangunan tidak ada, sehingga dibutuhkan *sun shading* (Lechner, 2001). Dengan kata lain, dapat dikatakan waktu sebelum dan setelah *solar window* adalah waktu yang tidak membutuhkan *sun shading*.

## 2.5 Biomimetik dan Metode Transfer

Biomimetik yang juga dikenal dengan nama bionik, biognosis, atau biomimikri, yang merupakan bentuk singkat dari biomekanik. Biomekanik berasal

dari bahasa Yunani “bios” yang berarti hidup, dan kata mekanik. Biomimetik dapat berarti suatu metoda dan sistem pengaplikasian apa yang ditemukan dari alam untuk dipelajari dan dirancang dalam sistem dan modern teknologi yang dibuat manusia.

Tujuan dari biomimetik adalah pencapaian pemecahan masalah yang manusia alami melalui pembelajaran model-model alam yang memiliki problem serupa namun memiliki solusi yang terbaik.

### 2.5.1 Definisi Biomimetik

Biomimetik adalah metode yang menggunakan sistem alam sebagai sebagai model untuk memecahkan masalah yang dihadapi manusia. Saat ini biomimetik terus berkembang dan digunakan dalam berbagai disiplin ilmu, salah satunya adalah dalam desain produk. Dalam desain arsitektur, biomimetik dapat digunakan untuk menciptakan inovasi atau reinvensi khususnya untuk merancang desain yang maksimal, efisien, dan lebih ramah dari pada rancangan-rancangan yang sudah ada. Dengan mempelajari sistem alam, kita dapat melihat lebih jauh bagaimana alam sebenarnya sudah menghasilkan pemecahan atas masalah serupa yang manusia hadapi. Teknologi biomimetik yang dapat diterapkan pada desain arsitektur dapat dibagi menjadi tiga tingkat (Gruber, 2011), yaitu :

1. *Mimicking*, menyerupai struktur bentuk, raut, tekstur, dan sebagainya.
2. Imitasi dari mekanisme yang ditemukan dari alam, seperti gerak, proses, pola, dan sebagainya.
3. Mempelajari tingkah laku organisme.

Ketiga tingkat ini dapat digunakan salah satunya maupun gabungan diantaranya.



Gambar 2. 17 Struktur Fasade Stadion Nasional Beijing adopsi dari sarang burung (Archdaily, 2014)

Meskipun tidak meniru secara menyeluruh, akan tetapi suatu produk inovasi biomimetik terinspirasi dari alam sekitar kita. Sebut saja pesawat terbang, dahulu mungkin tidak semoderen dan semegah sekarang terkait dengan bentuk dan teknologi yang digunakan. Akan tetapi konsep dasar mengenai bagaimana sebuah kendaraan bisa terbang adalah sebuah ide cemerlang yang terinspirasi dari burung. Jadi sebuah penemuan besar tidak jarang datang dari lingkungan sekitar kita.

### 2.5.2 Metode Transfer Biomimetik

Metode transfer adalah bagaimana cara mentransfer ide kerja dengan cara menerapkan ide dari alam dengan teknologi, terutama arsitektur, strategis merupakan prasyarat penting yang harus dipenuhi. Adapun menurut Petra Gruber (2011), beberapa metode transfer biomimetik antara lain :

1. Interdisipliner

Dalam hal ini, interdisipliner adalah dengan melakukan penyelidikan serta penelitian terhadap objek alam yang akan di implementasikan. Penyelidikan objek alam harus membentuk ide gagasan untuk biomimetika.

2. Inspirasi

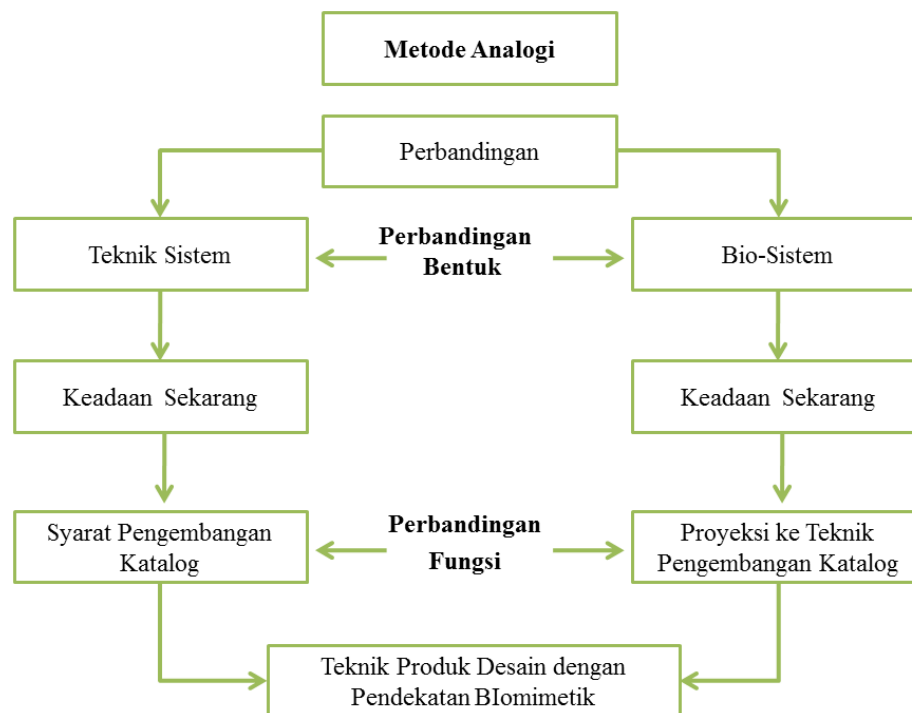
Cukup sering, arsitek, desainer dan seniman mengambil inspirasi dari alam. Sifat dari jenis transformasi alam dalam hal merancang sebuah desain, dalam hal ini menggunakan pendekatan *biomorphism*.

3. Analogi

Analogi berfungsi sebagai titik awal untuk mentransfer bentuk alam ke dalam desain. Analogi menghubungkan elemen-elemen dari alam terhadap teknologi. Analogi berarti kesamaan, korelasi, dan kesetaraan dalam hal fungsi atau perilaku. Hasil yang didapat dari bentuk transfer analogi antara alam dan teknologi dapat memberikan informasi mengenai proses pembangunan.



Gambar 2. 18 Bentuk antenna lebah (kiri) menjadi analogi sambungan pada tripod (kanan) (Gruber, 2011)



Gambar 2. 19 Konsep metode analogi menurut Nachtigall (Gruber, 2011)

## 2.6 Tumbuhan Putri Malu (*Mimosa Pudica*)

Pada kajian literatur pada Putri Malu (*Mimosa Pudica*), adalah untuk lebih mengetahui karakteristik gerak nasti Putri Malu (*Mimosa Pudica*), gerak *niktinasti* dan *seismonasti* nantinya transfer dengan menggunakan metode transfer biomimetik terhadap pergerakan *sun shading* fasad kinetik yang akan diaplikasikan pada objek kasus apartemen.

Tahap ini meliputi kajian terhadap perilaku tumbuhan Putri malu yang dikaji berdasarkan ciri-ciri fisik yang sudah ada serta mengkaji perilaku sistem kerja turgor pada tumbuhan putri malu.

### 2.6.1 Kajian Tumbuhan Putri Malu (*Mimosa Pudica*)

Putri malu atau *Mimosa pudica* merupakan tumbuhan yang berasal dari Amerika tropis yang ditemukan pada ketinggian 1200 meter di bawah permukaan laut. Ciri-ciri morfologi tumbuhan putri malu adalah daun berupa daun majemuk menyirip ganda dua yang sempurna. Jumlah anak daun berbentuk memanjang sampai lanset, ujung runcing, pangkal membundar, tepi rata, permukaan atas dan bawah licin, panjang 6-16 mm, lebar 1-3 mm, berwarna hijau, umumnya tepi daun berwarna ungu.

Berikut klasifikasi ilmiah tanaman putri malu.

Kerajaan : *Plantae*

Divisi : *Magnoliophyta*

Kelas : *Magnoliopsida*

Ordo : *Fabales*

Famili : *Fabaceae*

Genus : *Mimosa*

Spesies : *Mimosa pudica*



Gambar 2. 20 Putri malu atau *Mimosa pudica* (Goldenratio.wikidot, 2014 )

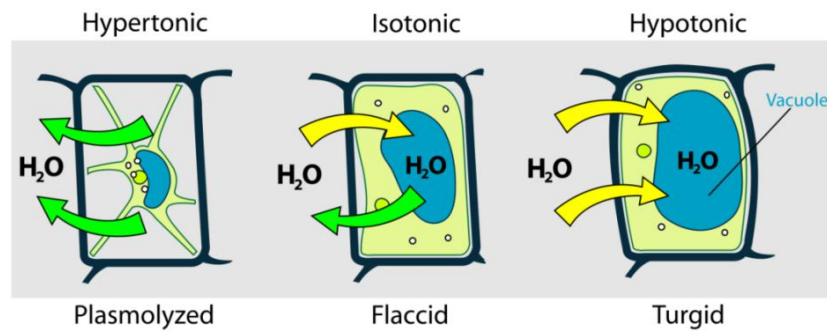
### 2.6.2 Kajian Perilaku Gerak Nasti Putri Malu (*Mimosa Pudica*)

Tumbuhan putri malu memiliki dua macam kepekaan, yakni terhadap sentuhan (*seismonasti*) dan terhadap intensitas cahaya matahari atau melakukan gerakan tidur pada malam hari (*niktinasti*). Gerak *niktinasti* dan *seismonasti* yang dimiliki oleh putri malu tergolong dalam gerak nasti (gerak bagian tumbuhan yang arahnya tidak ditentukan oleh arah datangnya rangsangan) serta tergolong ke dalam gerak etionom (gerak yang disebabkan karena adanya rangsangan dari luar tumbuhan berupa faktor-faktor lingkungan).

Konsep penelitian ini akan mengkaji perilaku gerak nasti Tigmonasti pada tumbuhan putri malu. Tigmotropisme adalah gerakan menutup yang terjadi pada daun tumbuhan yang disebabkan oleh sentuhan. Gerak ini dapat dilihat, jika daun tanaman putri malu (*Mimosa pudica*) disentuh, daun-daun tumbuhan tersebut akan menutup atau melipat. Tanggapan terhadap sentuhan ini memerlukan waktu satu atau dua detik.

Hal ini disebabkan oleh kehilangan tekanan turgor secara tiba-tiba dalam sel-sel parenkim pada pulvinus dekat tangkai daun (petiolus) tumbuhan putri malu tersebut. Jika yang disentuh hanya ujung anak-anak daun saja, maka yang akan

melipat berpasang-pasangan dari ujung ke pangkal daun, disusul daun berikutnya di sepanjang batang itu, demikian seterusnya sampai semua daun melipat. Seolah-olah ada rangsang yang mengalir dari daun ke daun yang lain.



Gambar 2. 21 Mekanisme gerak nasti pada sel-sel turgor Putri Malu (Boundless.com, 2015)

Gerak buka-tutup terjadi karena perubahan keseimbangan air (turgor) dalam sel-sel pulvinus. Sel-sel ini memiliki dinding sel tipis dan terisi air dari pembuluh lembut jaringan pengangkut yang berhubungan dengan sistem saluran pusat tumbuhan. Adanya rangsangan kecil menghilangkan keseimbangan air di dalam sel-sel pulvinus pangkal daun karena air dalam sel-sel tersebut mengalir ke luar. Sedangkan rangsangan yang lebih kuat menimbulkan reaksi serupa di dalam sel-sel pulvinus pangkal ranting. Akhirnya mungkin seluruh tubuh terpengaruh.

## 2.7 Kajian Penelitian Sejenis

Pada sub bab ini akan digunakan landasan teoretik yang mencakup hasil penelitian yang terkait dengan penelitian sejenis mencakup prinsip pencahayaan alami dan biomimetik, serta beberapa penelitian terdahulu yang membahas isu serupa pada obyek studi yang berbeda yang terkait.

Adapun penelitian sejenis ini terbagi atas 2 (dua) pembahasan yaitu pembahasan khusus *sun shading* dan pembahasan konsep biomimetik yang telah dilakukan. Beberapa penelitian terdahulu yang terkait dengan topik penelitian ini, antara lain:

### 1. Judul Jurnal dan Tahun Pembuatan :

*Meteorosensitive architecture: Biomimetic building skins based on materially embedded and hygroscopically enabled responsiveness.* (2014)

Nama Penulis :

Steffen Reichert, Achim Menges, David Correa (*Institute for Computational Design* (ICD), University of Stuttgart, Germany)

Ringkasan :

Penulis melakukan penelitian ke dalam sistem arsitektur otonom responsif yang beradaptasi dengan perubahan lingkungan menggunakan sifat material higroskopis (absorpsi). Makalah ini menyajikan gambaran yang komprehensif tentang parameter, variabel dan elemen sintaksis yang memungkinkan pengembangan meteorosensitive tersebut sistem arsitektur berdasarkan transfer biomimetik dari aktuasi higroskopis kerucut tanaman.

2. Judul Jurnal dan Tahun Pembuatan :

*Generative Sun Shade Design* (2009)

Nama Penulis :

Ren Wei, Onnen, Roemhild, Hochschule Wismar, (Jerman)

Ringkasan :

*Sun shading* merupakan sebuah solusi untuk memecahkan masalah terhadap cahaya matahari berlebih yang memberikan dampak kenaikan suhu dan mengganggu kenyamanan visual (silau), dengan cara memperhatikan cara peletakkan *sun shading* pada tempat yang sesuai dengan orientasi matahari.

3. Judul Jurnal dan Tahun Pembuatan :

*An algorithm for designing dynamic solar shading system* (2014)

Nama Penulis :

Niccolò Aste, Rajendra Singh Adhikari, Claudio Del Peroa (*Department of Building Environment Science & Technology*, Politecnico di Milano, Via Bonardi 9, Milano 2013, (Italy))

Ringkasan :

Penelitian ini bertujuan untuk mendefinisikan dan memvalidasi prosedur analitis untuk menentukan profil gerakan yang optimal untuk sistem *shading* dinamis berdasarkan tirai ponsel horisontal untuk tingkat tinggi pencahayaan dan kenyamanan visual di lingkungan dalam ruangan.

4. Judul Jurnal dan Tahun Pembuatan :

*“Energy Conscious Design” Konsepsi dan Strategi Perancangan Bangunan di Indonesia (2008)*

Nama Penulis :

Jimmy Priatman. (Staf Pengajar Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Jurusan Arsitektur, Universitas Kristen Petra, Surabaya, Indonesia)

Ringkasan :

Akselerasi laju konsumsi energi di Indonesia yang meningkat pada dua dekade ini dan keterbatasan kesediaan sumber energi yang ada menimbulkan problema energy. Dari empat sasaran upaya konservasi energi nasional, sektor bangunan komersial dan sektor rumah tangga merupakan potensi penghematan energi yang prospektif, mengingat penggunaan energi pada sektor tersebut sebagian besar merupakan konsekuensi dari pengadaan bangunan yang digunakan. Perancangan bangunan yang bertitik tolak dari konsep sadar energi akan mereduksi penggunaan energi pada masa operasionalnya. Makalah ini membahas konsepsi dan strategi disain sadar energi untuk bangunan rumah tinggal dan bangunan gedung komersial.



Tabel 2. 3 Kerangka kajian penelitian sejenis

Sumber	Permasalahan	Konsep Desain	Manfaat
<p><i>An algorithm for designing dynamic solar shading system</i> (2014)</p> <p><b>Oleh :</b> Niccolò Aste, Rajendra Singh Adhikari, dan Claudio Del Peroa</p>	<p>Untuk membuat yang sistem <i>shading</i> dinamis berdasarkan tingkat tinggi pencahayaan di lingkungan dalam ruangan gedung perkantoran (Ergo Tower) terletak di Milan, Italia.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Metode algoritma dikembangkan dalam merancang sistem <i>shading</i> surya dinamis untuk gedung perkantoran</li> <li>• Memperhitungkan berbagai variabel seperti lokasi geografis, tanggal, waktu, orientasi permukaan dan karakteristik geometris dan fungsional sistem <i>shading</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Metode komputer dapat digunakan sebagai konsep bantu dalam pergerakan <i>sun shading</i> kinetik.</li> </ul>
<p><i>“Energy Conscious Design” Konsepsi dan Strategi Perancangan Bangunan di Indonesia</i> (2008)</p> <p><b>Oleh :</b> Jimmy Priatman.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Akselerasi laju konsumsi energi di Indonesia yang meningkat pada dua dekade ini</li> <li>• Membahas konsepsi dan strategi disain sadar energi untuk bangunan rumah tinggal dan bangunan gedung komersial.</li> </ul>	<p>Pada bangunan komersial (gedung perkantoran, perhotelan, apartemen, pusat pertokoan, rumah sakit) standar untuk kenyamanan termal berkisar 50%-60%, sedangkan standar untuk kenyamanan visual berkisar 30%</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Standar kenyamanan visual berkisar 30% menjadi tolak ukur pada rancangan bukaan apartemen.</li> </ul>
<p><i>Meteorosensitive architecture: Biomimetic building skins based on materially embedded and hygroscopically enabled responsiveness.</i> (2014)</p> <p><b>Oleh :</b> Steffen Reichert, Achim Menges, dan David Correa</p>	<p>Sistem arsitektur responsif yang beradaptasi dengan perubahan lingkungan menggunakan sifat material higroskopis (absorpsi).</p>	<p>Sistem arsitektur menggunakan sifat material higroskopis berdasarkan transfer biomimetik dari aktuasi higroskopis kerucut tanaman dengan memperhatikan parameter, variabel dan elemen sintaksis.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Penggunaan material yang digunakan dipengaruhi oleh konsep biomimetik yang digunakan.</li> </ul>
<p><i>Generative Sun Shade Design</i> (2009)</p> <p><b>Oleh :</b> Ren Wei, Onnen, Roemhild, dan Hochschule Wismar</p>	<p><i>Sun shading</i> sebagai solusi untuk memecahkan masalah terhadap cahaya matahari berlebih</p>	<p>Memperhatikan peletakkan <i>sun shading</i> pada tempat yang sesuai dengan orientasi matahari sehingga penggunaan <i>sun shading</i> lebih akurat dan optimal.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Orientasi matahari mempengaruhi performa <i>sun shading</i></li> </ul>

Pada kajian penelitian ini, perancangan *sun shading* kinetik lebih banyak dilakukan dengan metoda modular dengan bantuan pergerakan motorik komputer. Permodelan *sun shading* disesuaikan dengan konteks iklim setempat. Konsep biomimetik dikembangkan sebagai konsep baru dalam menyelesaikan masalah dalam arsitektur.

Sejauh penelusuran studi terdahulu yang telah dilakukan, belum ditemukan penelitian seperti yang akan dilakukan ini, yaitu *sun shading* kinetik dengan pendekatan arsitektur biomimetik dengan implementasi gerakan turgor putri malu.

## **2.8 Studi Preseden**

Studi preseden pada bagian ini akan menjelaskan tentang beberapa karya arsitektur yang telah terbangun yang telah menggunakan konsep desain kinetik dan konsep desain biomimetik.

### **2.8.1 Al Bahar Towers**

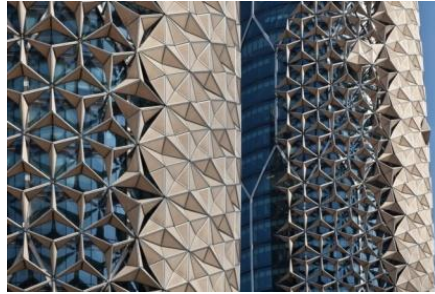
Nama Proyek : Al Bahar Towers  
Fungsi Bangunan : Kantor  
Pemilik : Al Hilal Bank  
Lokasi : Abu Dhabi, Uni Emirat Arab  
Arsitek : Aedas

Al Bahr Towers merupakan salah satu karya arsitektur yang memenangkan penghargaan di emirat Abu Dhabi yang terdiri dari dua lantai 29, dengan ketinggian 145m. Kondisi cuaca di kota Abu Dhabi menunjukkan kondisi cuaca yang ekstrim dengan menunjukkan seminggu dengan kondisi sinat matahari yang intens dengan suhu terus diatas 100 derajat Fahrenheit dengan 0% kemungkinan hujan.



Gambar 2. 22 Al Bahar Towers (Archdaily, 2015)

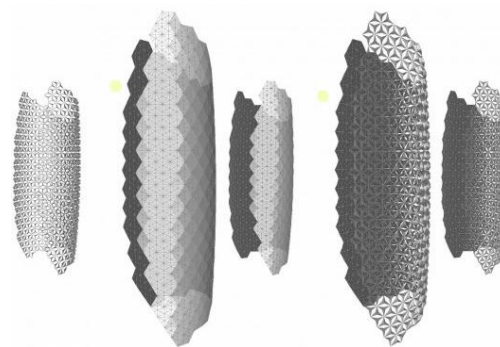
Fasad reponsif ini sebagai dinding tirai dengan bentuk segitiga dengan ukuran 2 meter menggunakan material *fiberglass* dan deprogram secara komputer untuk merespon pergerakan matahari sebagai cara untuk mengurangi silau dari cahaya matahari. Kondisi *shading* pada malam hari, semua layar akan menutup.



Gambar 2. 23 Ragam pergerakan *shading* (Archdaily, 2015)

Arsitek Aedas mendesain sebuah fasad responsif yang mengambil ciri budaya dari "mashrabiya", sebagai perangkat kisi *shading* dengan konsep Islam tradisional dan desain ini dapat bertahan dengan kondisi iklim setempat.

Desain *shading* ini dapat mengurangi silau matahari lebih dari 50 % dan mengurangi emisi karbon dioksida sebesar 1.750 ton per tahun serta pengurangan kebutuhan bangunan atas AC, serta kemampuan warna dari fasad untuk mengurangi cahaya matahari sehingga memungkinkan untuk mengurangi kebutuhan cahaya buatan. Metode ini merupakan teknik lama dengan menggunakan cara modern.



Gambar 2. 24 Susunan *shading* Al Bahar Towers (Archdaily, 2015)

### 2.8.2 Kiefer Technic Showroom

Nama Proyek : Kiefer Technic Showroom

Fungsi Bangunan : Showroom

Pemilik : Kiefer

Lokasi : Bad Gleichenberg, Austria

Arsitek : Ernst Giselbrecht + Partner

Ernst Giselbrecht + Partner mempersembahkan Kiefer Teknik Showroom, sebuah bangunan kantor dan ruang pameran dengan fasad yang dinamis berdasarkan perubahan kondisi outdoor, mengoptimalkan iklim internal, memungkinkan pengguna untuk personalisasi ruang mereka sendiri dengan kontrol pengguna.

Bangunan ini merupakan kantor baru dari perusahaan metal Austria yang fasadnya terbuat dari elemen aluminium perforasi yang dapat dilipat dan dikontrol secara elektrik, bergerak menunjukkan tampak baru setiap hari dan jamnya.



Gambar 2. 25 Ragam variasi bukaan Kiefer Technik Showroom (explorer-singapore.com, 2015)

Untuk beberapa alasan sistem kerja fasad yang dinamis yang dapat disesuaikan secara individual terhadap perubahan kondisi dan kebutuhan. Fasad ini dapat dikontrol dengan mengoptimalkan program jika pengguna tidak berada didalam bangunan. Cara ini memungkinkan untuk mewujudkan sistem fasad transparan baru namun tetap mempertahankan nyaman di-mosphere di dalam bangunan. Fasad ini berubah terus menerus; setiap hari, setiap jam menunjukkan “wajah” baru.



Gambar 2. 26 *Shading* lipat Kiefer Technik Showroom (dpa.com.sg, 2015)

### 2.8.3 Eastgate Center di Harare, Zimbabwe

Nama Proyek : Eastgate Center

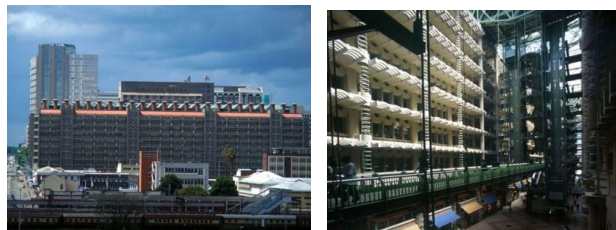
Fungsi Bangunan : Pusat Perkantoran dan Pertokoan

Pemilik : Eastgate

Lokasi : Kota Harare, Zimbabwe

Arsitek : Mick Pearce

Pusat Eastgate di Harare, Zimbabwe merupakan kompleks perkantoran dan perbelanjaan terbesar di negara tersebut merupakan salah satu produk arsitektur yang menggunakan prinsip biomimikri. bangunan berketinggian sedang ini didesain oleh arsitek Mick Pearce yang terafiliasi dengan para insinyur di Arup Associates, tidak memiliki AC atau pemanasan namun tetap diatur selama setahun dengan secara dramatis menggunakan energi yang lebih sedikit menggunakan metode desain yang terinspirasi oleh teknik batubata lokal Zimbabwe dan gundukan rayap Afrika yang dapat mendinginkan suhu di dalam dengan sendirinya.

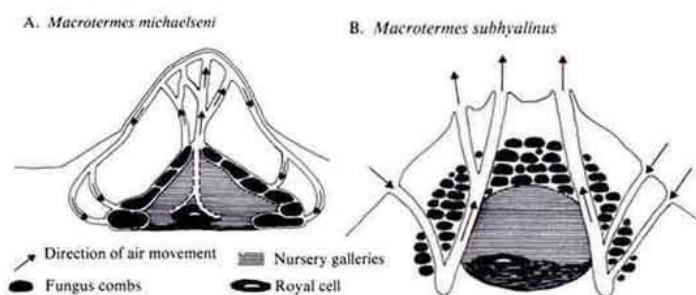


Gambar 2. 27 Eastgate Center di Harare, Zimbabwe (Inhabitat.com, 2015)

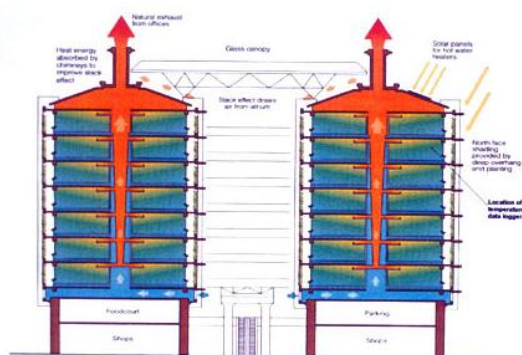
Rayap di Zimbabwe membangun gundukan yang sangat besar yang di dalamnya ditanamkan sebuah jamur sebagai makanan utama. Jamur ini harus disimpan dalam suhu tepat 87 derajat Fahrenheit, sementara suhu di luar berkisar 35 F pada malam hari hingga 104 F di siang hari. Rayap ini dapat mencapai hal ini dengan jalan secara konstan buka dan tutup serangkaian ventilasi pemanasan dan pendinginan di keseluruhan gundukan sepanjang hari. dengan sebuah sistim yang sangat memperhatikan arus konveksi, udara dihisap pada bagian yang paling rendah dari gundukan, ke dalam menuju pagar yang berdinding lumpur, dan ke atas melalui sebuah saluran menuju puncak gundukan rayap. Industri rayap ini secara konstan mengganti lubang angin baru dan yang lama dengan tujuan untuk pengaturan suhu.

Pusat Eastgate, sebagian besar terbuat dari semen, memiliki sistim ventilasi yang beroperasi yang mirip. Udara dari luar di ambil, kemudian dihangatkan atau didinginkan oleh massa bangunan bergantung mana yang lebih panas, semen bangunan atau kondisi udara. Kemudian udara tersebut disalurkan ke lantai bangunan dan perkantoran sebelum keluar dari cerobong di bagian atas. Kompleks bangunan ini terdiri dari dua bangunan yang bersebelahan yang dipisahkan oleh ruang terbuka yang tertutup oleh kaca dan terbuka untuk angin lokal.

Eastgate Center dibangun dengan menggunakan teknologi tata udara yang dimiliki rayap untuk rumahnya. Rayap menjaga suhu di dalam rumahnya pada suhu 30,5 derajat Celcius, sementara suhu di luar bisa mencapai 1,5 derajat Celcius pada malam hari dan 40 derajat Celcius pada siang harinya.



Gambar 2. 28 Ide rancangan dari rumah rayap (Inhabitat.com, 2015)



Gambar 2. 29 Sirkulasi suhu termal pada bangunan (Inhabitat.com, 2015)

Suhu konstan di dalam rumah rayap tersebut bisa tercapai berkat prosedur buka tutup ventilasi di bagian atas rumah dan sistem sirkulasi udara yang canggih. Udara segar memasuki lubang ventilasi di bagian bawah dan mengalir ke sebuah basement berdinding lumpur, dan kemudian naik melalui saluran ke puncak

bangunan rumah. Rayap-rayap selalu membuka ventilasi udara baru dan menutup yang lama agar tetap dapat mengatur suhu di dalam ruangan.



Gambar 2. 30 Bangunan Eastgate Center diadopsi dari gundukan sarang rayap (Inhabitat.com, 2015)

Udara secara kontinu diambil di ruang terbuka ini dengan menggunakan fans di lantai pertama. kemudian didorong secara oleh bagian pasokan saluran vertikal yang berlokasi di pusat spine dari tiap-tiap bangunan. Udara segar menggantikan udara pengap yang naik ke atas dan keluar lewat titik pembuangan di langit-langit tiap lantai. Akhirnya udara tersebut masuk ke bagian saluran pembuangan vertikal sebelum membanjiri dari bangunan menuju cerobong-cerobong.

Eastgate Center menggunakan kurang dari 10% energi yang digunakan oleh bangunan konvensional dengan ukuran yang sama. Dengan arsitektur tersebut, pemilik Eastgate bisa menghemat US\$ 3,5 juta. Hal tersebut dikarenakan tidak digunakannya pendingin udara, yang merupakan pengkonsumsi energi listrik terbesar di bangunan dan rumah tinggal.

## 2.9 Kesimpulan Kajian Pustaka dan Studi Preseden

Tahap ini mengumpulkan data yang diperoleh dari hasil kumpulan kajian pustaka dan dasar teori yang terkait, kemudian dideskripsikan untuk menggambarkan kriteria dalam konsep perancangan *sun shading* kinetik berdasarkan kondisi eksisting apartemen Metropolis serta potensi dan kendalanya. Kajian pustaka menggunakan literatur yang membahas empat isu utama yaitu apartemen, fasad kinetik, cahaya alami, sun shading, dan implementasi biomimetik.



Tabel 2. 4 Kesimpulan Kajian Pustaka Apartemen

No.	Sumber	Teori	Poin-poin Teori	Kesimpulan
1	<b>Samuel Paul</b> (1968)	Apartemen : Apartemen merupakan salah satu variasi jenis hunian yang diminati oleh masyarakat terutama yang tinggal di kota-kota besar. Apartemen terbagai dari beberapa klasifikasi berdasarkan konsep yang ingin dicapai.	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Klasifikasi Apartemen Berdasarkan Tinggi dan Besar bangunan, yaitu <i>High-rise, Mid-Rise, Low-Rise, Walked-Up</i>, dan <i>Garden Apartemen</i></li> <li>b. Klasifikasi Apartemen Berdasarkan Sirkulasi Horizontal, yaitu <i>Single-loaded corridor apartment</i>, dan <i>Double-loaded corridor apartment</i>.</li> <li>c. Klasifikasi Apartemen Berdasarkan Sirkulasi Vertikal, yaitu <i>Walk-up Apartment</i>, dan <i>Elevator Apartment</i>.</li> <li>d. Klasifikasi Apartemen Berdasarkan Tipe Unit, yaitu <i>studio</i>, Apartemen 1, 2, 3 Kamar / Apartemen Keluarga, <i>loft</i>, dan <i>Penthouse</i></li> <li>e. Klasifikasi Apartemen Berdasarkan Bentuk Massa Bangunan, yaitu Apartemen berbentuk <i>Slab</i>, Apartemen berbentuk <i>Tower</i>, dan Apartemen dengan bentuk <i>Varian</i> (campuran antara <i>Slab</i> dan <i>Tower</i>)</li> </ul>	Bentuk apartemen didasarkan oleh konsep yang ingin dicapai perancang yang didasari oleh kebutuhan ruang serta penyesuaian bentuk apartemen berdasarkan kondisi eksisting pada lahan yang akan dibangun.

Tabel 2. 5 Kesimpulan Kajian Pustaka Fasad Kinetik

No.	Sumber	Teori	Poin-poin Teori	Kesimpulan
1	<b>Krier</b> (1988)	Fasade merupakan elemen arsitektur terpenting yang mampu menyuarkan fungsi dan makna sebuah bangunan serta mengungkap kriteria tatanan dan penataan, dan berjasa memberikan kemungkinan dan	<p>Elemen-elemen yang penting dari sebuah fasad :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Pintu, salah satu pelubangan dinding yang tidak boleh dihilangkan dalam komposisi fasad rumah tinggal dan bentuk pintu dapat melambangkan karakter penghuninya.</li> <li>b. Jendela, mempunyai fungsi lubang sirkulasi udara, masuknya cahaya matahari dan area memperoleh <i>view</i> ke luar ruangan.</li> <li>c. Dinding adalah pembatas ruang.</li> <li>d. Tritisan adalah perpanjangan bidang atap yang menjorok melebihi dinding, yang berfungsi baik sebagai pelindung cahaya matahari</li> </ul>	Fasad merupakan kumpulan dari komposisi bidang fasad. Masing-masing komposisi tersebut memiliki fungsinya masing-masing.



		keaktivitas dalam ornamentasi dan dan dekorasi.	ataupun cucuran air hujan. e. <i>Sun shading</i> adalah pelindung jendela untuk fungsi seperti tritisan.	
2	<b>Moloney (2011)</b>	Fasad kinetik adalah sebuah konsep di mana fasad yang dirancang untuk memungkinkan bagian dari struktur untuk bergerak, tanpa mengurangi integritas struktural secara keseluruhan.	Kinetis terdapat tiga penjabaran bentuk transformasi <i>kinetic façade</i> secara umum yaitu : a. <i>Translation</i> adalah gerakan sebuah bidang pada arah yang sama, b. <i>rotation</i> adalah gerakan sebuah bidang dengan memutar pada sumbu axis tertentu c. <i>scaling</i> bergerak dengan cara merubah ukuran, memuai atau kontraksi dari ukuran semula. d. <i>material deformation</i> , gerakan dengan cara memanipulasi sifat material.	Fungsi kinetik pada bangunan untuk: meningkatkan kualitas estetika nya; menanggapi kondisi lingkungan; dan melakukan fungsi yang tidak mungkin untuk struktur statis.

Tabel 2. 6 Kesimpulan Kajian Pustaka Cahaya Alami

No.	Sumber	Teori	Poin-poin Teori	Kesimpulan
1	<b>Lippsmeier (1994)</b>	Pencahayaan alami dapat juga diartikan sebagai cahaya yang masuk ke dalam ruangan pada bangunan yang berasal dari cahaya matahari.	Orientasi bangunan pada perlindungan terhadap cahaya matahari, berlaku aturan-aturan dasar berikut: 1. Sebaiknya fasade terbuka menghadap ke selatan atau utara, agar meniadakan radiasi langsung dari cahaya matahari rendah dan konsentrasi tertentu yang menimbulkan panas 2. Pada daerah iklim tropika basah diperlukan pelindung untuk semua lubang bangunan terhadap cahaya langsung dan tidak langsung. 3. Di daerah iklim tropika kering dalam musim panas diperlukan pelindung untuk lubang-lubang pada dinding bangunan tertutup.	Setiap bangunan membutuhkan perlakuan khusus didasarkan pada cahaya matahari, serta berdasarkan konsep rancangan.

2	<b>Wall M. dan Bülow-Hübe H</b> (2003),	Ruang dan cahaya memiliki kaitan yang erat dalam proses merancang. sistem pencahayaan yang berhasil, perancang harus mengerti beberapa aspek dari persepsi manusia	<p>Aspek-aspek persepsi manusia terhadap cahaya sebagai berikut :</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Nilai absolut untuk penerangan</li> <li>2. <i>Brightness Constancy</i> Otak harus melakukan penyesuaian terhadap apa yang dilihat mata.</li> <li>3. <i>Color Constancy</i> Kemampuan otak untuk menghapus perbedaan warna yang disebabkan oleh perbedaan pencahayaan</li> <li>4. Fenomena persepsi warna</li> <li>5. <i>Efek Foreground</i> Otak selalu berusaha untuk memilah sinyal visual dari gangguan visual.</li> <li>6. <i>Teori Gestalt</i> Tujuan melihat untuk mengumpulkan informasi.</li> </ol>	Cahaya mempengaruhi persepsi manusia terhadap lingkungan sekitarnya, terutama ruang.
---	---	--	---	--

Tabel 2. 7      Kesimpulan Kajian Pustaka *Sun Shading*

No.	Sumber	Teori	Poin-poin Teori	Kesimpulan
1	<b>Wall &amp; Hube</b> (2003)	Peletakkan <i>sun shading</i> didasarkan orientasi matahari pada bangunan dan kondisi iklim pada lingkungan bangunan.	<ol style="list-style-type: none"> <li>a. Pelindung ruang dalam Relatif tidak efisien pada musim panas dan memiliki keuntungan pada musim dingin</li> <li>b. Pelindung diantara panel Relatif tidak efisien pada musim panas</li> <li>c. Pelindung ruang luar Efisien pada musim panas dan panas pasif efisien pada musim dingin</li> </ol>	Mengingat iklim Indonesia beriklim tropis dan suhu rata-rata yang tinggi, peletakan <i>sun shading</i> pada luar bangunan adalah yang efektif.
2	<b>Lechner</b> (2001)	<i>Sun shading</i> merupakan bagian komponen dari fasad bangunan, yang berfungsi sebagai mereduksi kelebihan	<p><i>Sun shading</i> terbagi dari beberapa jenis bentuk :</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>a. <i>Sun Shading Horizontal</i> Perangkat Horizontal memberikan keteduhan berdasarkan sudut ketinggian matahari. Paling sering terlihat dalam bentuk <i>overhang</i></li> <li>b. <i>Sun Shading Vertikal</i></li> </ol>	Bentuk-bentuk <i>sun shading</i> menyesuaikan kondisi lintasan matahari terhadap bangunan.

		cahaya matahari sehingga membuat bayangan terhadap bangunan untuk menciptakan pendinginan secara pasif.	Perangkat vertikal memberikan keteduhan berdasarkan sudut bantalan dari matahari. c. <i>Sun Shading Egg-crate</i> Perangkat shading peti telur menggabungkan karakteristik perangkat vertikal dan horizontal untuk meningkatkan cakupan <i>shading</i> .	
--	--	---	--	--

Tabel 2. 8 Kesimpulan Kajian Pustaka Biomimetik

No.	Sumber	Teori	Poin-poin Teori	Kesimpulan
1	<b>Petra Gruber</b> (2011)	Biomimetik adalah metode yang menggunakan sistem alam sebagai model untuk memecahkan masalah yang dihadapi manusia. Teknologi biomimetik dapat dibagi menjadi tiga tingkat, yaitu : <i>Mimicking</i> , menyerupai struktur bentuk, raut, tekstur, dan sebagainya, <i>Imitasi</i> dari mekanisme yang ditemukan dari alam, seperti gerak, proses, pola, dan sebagainya dan mempelajari tingkah laku organisme.	Adapun menurut Petra Gruber (2011), beberapa metode transfer biomimetik antara lain : 4. Interdisipliner Interdisipliner adalah dengan melakukan penyelidikan serta penelitian terhadap objek alam yang akan di implementasikan. Penyelidikan objek alam harus membentuk ide gagasan untuk biomimetika. 5. Inspirasi Sifat dari jenis transformasi alam dalam hal merancang sebuah desain, dalam hal ini menggunakan pendekatan <i>biomorphism</i> . 6. Analogi Analogi berfungsi sebagai titik awal untuk mentransfer bentuk alam ke dalam desain. Analogi menghubungkan elemen-elemen dari alam terhadap teknologi. Analogi berarti kesamaan, korelasi, dan kesetaraan dalam hal fungsi atau perilaku.	Konsep biomimetik bukan hanya mengkopi wujud fisik objek rancangan, namun mengikuti karakteristik mekanisme yang khas dari objek rancangan.

Hasil dari kesimpulan kajian literatur tersebut kemudian dibandingkan dengan kondisi eksisting yang akan dibahas pada studi objek kasus dengan penjabaran mengenai gambaran umum wilayah studi. Pada setiap aspek dilakukan analisa mengenai potensi dan kendalanya.

Tabel 2. 9 Kesimpulan studi kasus

	Permasalahan	Konsep Desain	Manfaat
<b>Al Bahar Towers</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Silau matahari yang mengganggu penghuni dalam bangunan</li> <li>• Menjadikan fasad sebagai objek atraktif di lingkungan sekitar</li> </ul>	Konsep yang digunakan pada bangunan yaitu menggunakan sistem kinetik yang digerakkan oleh komputer terhadap fasad.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mendapatkan kenyamanan terhadap silau cahaya matahari.</li> <li>• Mengoptimalkan iklim di dalam bangunan</li> <li>• Adanya nilai estetika</li> <li>• Mengurangi penggunaan AC dan menurunkan kadar CO<sub>2</sub></li> </ul>
<b>Kiefer Technic Showroom</b>	Silau matahari yang mengganggu penghuni di dalam bangunan	Menggunakan sistem <i>kinetic façade</i> dengan tipe <i>folding</i> , sehingga panel melipat menjadi dua secara horizontal	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desain fasad kinetik mengikuti kondisi pergerakan matahari di luar bangunan</li> <li>• Mengoptimalkan kondisi iklim yang ada di dalam bangunan,</li> <li>• Pergerakan <i>shading</i> fasad dapat diatur oleh pengguna bangunan.</li> </ul>
<b>Eastgate Center di Harare, Zimbabwe</b>	Kenyamanan termal di dalam bangunan yang sesuai dengan kondisi penghuni	Menerapkan konsep <i>biomimicry</i> , dengan meniru sistem pendinginan pasif pada rumah rayap.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mendapatkan kenyamanan thermal</li> <li>• Membutuhkan pemanasan buatan pada musim dingin, dan pendinginan buatan pada musim panas</li> </ul>

Secara keseluruhan, hasil kajian dari studi preseden memiliki pemecahan masalah yang berbeda-beda sesuai dengan permasalahan yang dihadapi. Adapun pemecahan masalah tersebut dapat dilakukan dengan metoda konsep rancangan yang diambil sebagai solusi.

## **2.10 Kriteria Perancangan Dari Konsep Putri Malu**

Penerapan arsitektur biomimetik dituntut bukan hanya meniru mekanisme makhluk hidup atau dari bentuk alam saja melainkan harus mampu menghadirkan desain yang ramah lingkungan sekitar atau selaras dengan kondisi alam sekitar, dalam kata lain bangunan yang dapat beradaptasi layaknya makhluk hidup.

Konsep gerak turgor pada tumbuhan putri malu merupakan konsep nyata yang dapat diaplikasikan pada model desain yang membutuhkan konsep kinetik yang dapat dilakukan untuk memecahkan masalah terutama penanganan dampak cahaya matahari dalam desain arsitektur elemen fasad untuk mereduksi cahaya matahari dengan mempertimbangkan arah orientasi matahari dan arah fasad bangunan.

Setelah melakukan kajian terhadap literatur dan preseden, maka terdapat kriteria yang sesuai untuk elemen fasad yang dapat diwujudkan, yaitu:

1. Elemen fasad yang mampu mereduksi silau matahari yang masuk ke dalam interior apartemen Metropolis.
2. Elemen fasad yang mampu bergerak seefisien mungkin yang memiliki tungkai penggerak motorik kinetik yang sederhana dengan jumlah yang sedikit serta bersifat dinamis dan fleksibel yang mampu bergerak didasari oleh keinginan penghuni apartemen Metropolis.
3. Elemen fasad yang mampu berintegrasi dengan bidang fasad apartemen Metropolis didasari bentuk geometris.

## BAB 3

### METODOLOGI PERANCANGAN

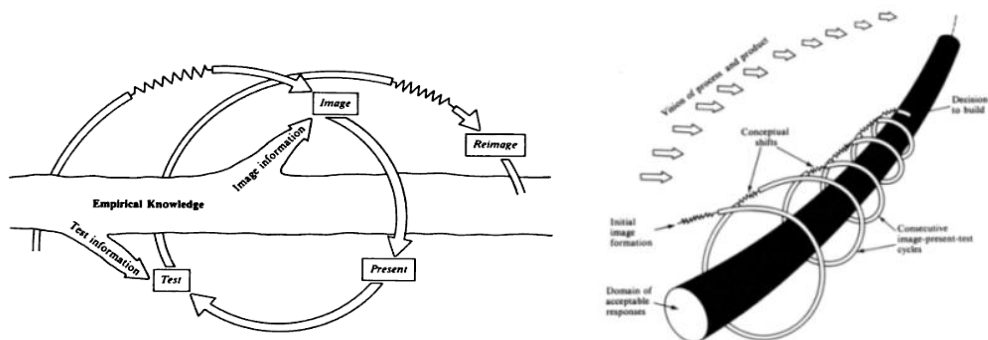
Permasalahan desain tesis yang diangkat adalah bagaimana merancang *sun shading* fasad kinetik pada apartemen dan mampu menanggapi silau cahaya matahari dengan melalui metode transfer arsitektur biomimetik.

Eksplorasi *sun shading* fasad apartemen secara kinetik merupakan upaya untuk memahami bagaimana menemukan berbagai varian dari bentuk *sun shading* serta bentuk fasad yang tanggap terhadap kondisi kawasan tropis. Eksplorasi dalam lingkungan biomimetik dengan melihat apa yang dilakukan, setidaknya terdapat hal-hal yang perlu diselidiki secara mendalam agar dapat melakukan eksplorasi dengan pendekatan biomimetik nantinya dengan kajian implemetasi gerak nasti tumbuhan putri malu (*Mimosa Pudica*).

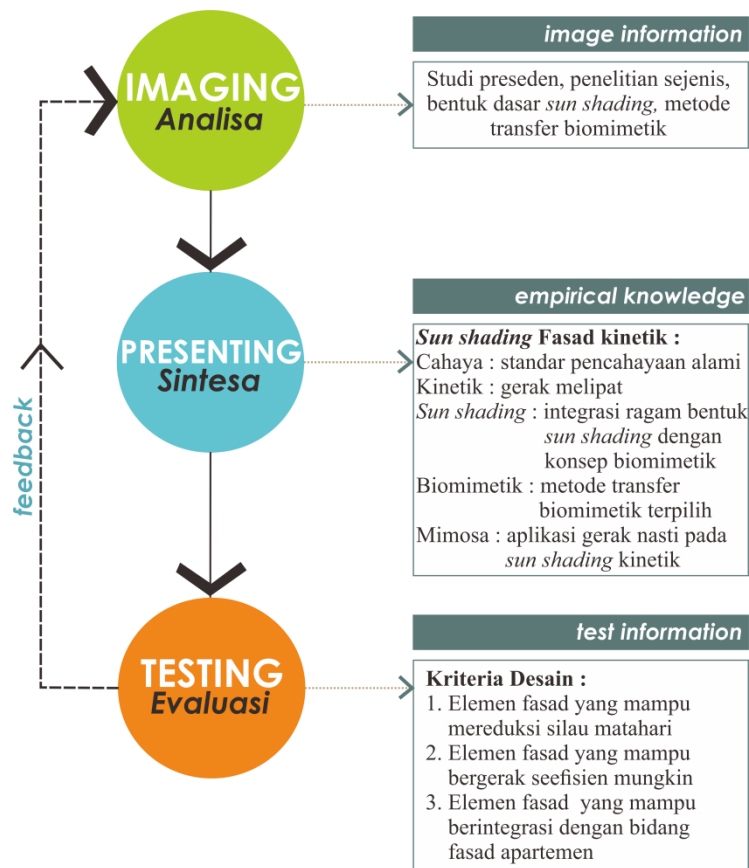
Perancangan ini berhubungan dengan beragam kemungkinan dari pengembangan bentuk *sun shading* kinetik yang dapat dikembangkan dengan memperhatikan bentuk lipatan geometris.

#### 3.1 Proses Desain

Proses pada desain tesis ini akan dibagi menjadi beberapa proses yang akan menghasilkan sebuah rancangan. Menurut Zeisel (1984) mengungkapkan sebuah proses desain yang terbagi mejadi beberapa tahap yaitu *imaging*, *presenting* ,dan *testing*. Metode ini juga menggunakan *feedback*, sehingga proses rancang menjadi bentuk *cyclic*.



Gambar 3. 1 Skema *Design Development Spiral* (Zeisel 1984)



Gambar 3. 2 Proses desain eksplorasi *sun shading* kinetik

Dalam proses eksplorasi desain, proses desain berdasarkan pada proses perancang melakukan eksplorasi. Sebelum ini, usulan bentuk awal mula desain mengikuti evaluasi terhadap tujuan, kendala dan kriteria yang ingin dicapai pada proses desain.

### 3.2 Tahap *Imaging* (Analisa)

Tahap ini merupakan langkah membentuk pola dasar pikir dalam permasalahan. Langkah – langkah dalam tahap imaging yaitu :

#### 1. Pengumpulan data

Pengumpulan data pada tesis perancangan ini meliputi :

##### a. Data Literatur :

Studi literatur dilakukan terhadap karakteristik tumbuhan putri malu (*Mimosa Pudica*) yang dalam berupa bentuk data identitas dan sifat-sifat yang dimiliki. Dalam data literatur ini juga perlu mencari data iklim yang ada di kota Surabaya.

Data literatur yang didapat, dianalisis untuk mendapatkan konsep awal bentuk *sun shading* dengan menggunakan analisis implementasi putri malu.

b. Data Objek Penelitian :

Adapun yang menjadi bahan sampel objek penelitian ini adalah apartemen Metropolis Surabaya. Analisis objek penelitian terhadap apartemen Metropolis Surabaya, dilakukan mencari permasalahan yang dialami pada fasad bangunan, dalam kasus ini mengenai sistem pembayaran buatan terhadap unit hunian Apartemen.

c. Analisis Data Tapak

Data tapak dianalisis untuk mendapatkan kelebihan dan kekurangan pada tapak berupa analisis pembayangan yang akan digunakan sebagai dasar merancang peletakkan *sun shading* kinetik nantinya.

2. Mencari penelitian sejenis untuk mendapatkan data-data terkait dengan objek rancangan dalam ruang lingkup biomimetik dan *sun shading*
3. Menentukan studi preseden untuk menjadi tolak ukur dalam perbandingan desain dengan hasil rancangan yang nantinya akan dihasilkan.

### 3.3 Tahap *Presenting* (Sintesa)

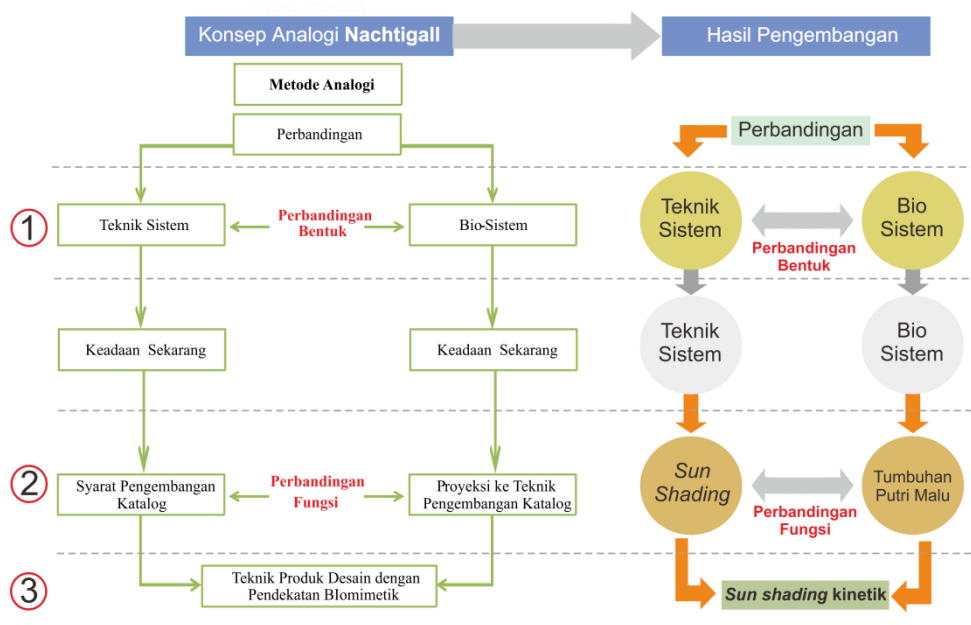
Mensintesa tinjauan pustaka, studi preseden untuk menghasilkan alur dasar dalam proses rancang yang tepat berdasarkan kondisi permasalahan. Proses rancang ini berhubungan erat dengan studi preseden sehingga mampu dikaitkan dengan metode perancangan untuk menghasilkan metode yang tepat. Konsep metode perancangan ini menghasilkan konsep rancangan yang dihubungkan dengan pencapaian pada kriteria perancangan.

Tahap ini mensintesa desain *sun shading* kinetik dengan standar-standar yang sudah ditetapkan. Adapun standar yang digunakan adalah kenyamanan visual pencahayaan alami yaitu 30% dari luasan lantai pada unit hunian (Priatman, 2008), standar lainnya adalah mensintesa jumlah tungkai kinetik untuk mencapai efisiensi pergerakan melipat *sun shading* kinetik, dimana jumlah tungkai yang efisien adalah seminimal mungkin (Jamil Majed, 2013). Dan tahap akhir yaitu menganalisa penampilan ragam *sun shading* dengan bentuk dasar fasad apartemen Metropolis.



Tahap *presenting* meliputi pemilihan bentuk kinetik yang tepat dalam pergerakan melipat pada *shading*. Apabila tahap diatas telah dilakukan, maka menentukan metode transfer yang tepat pada konsep biomimetik yang akan dipakai yang dapat diaplikasikan pada metode transfer gerak nasti pada *sun shading* kinetik.

Adapun tahap metode rancang pada tahap *presenting* ini menggunakan metode analogik menurut Nachtigall (Gruber, 2011) dalam membentuk rancangan *sun shading* secara kinetik dengan implementasi gerak nasti tumbuhan putri malu. Dalam proses analogi ini menggunakan perbandingan fungsi dan bentuk antara 2 bentuk dan mekanisme yang berbeda, dalam hal ini yang menjadi perbandingan yaitu bentuk dan fungsi *sun shading* dengan gerak nasti pada tumbuhan putri malu. Hasil yang ingin dicapai merupakan eksplorasi terhadap penggubahan bentuk lipatan geometris melalui model dasar yang telah ditetapkan.



Gambar 3. 3 Integrasi metode Nachtigall dengan alur merancang *sun shading*

Bila di integrasikan metode Nachtigall dengan alur perancangan bentuk lipatan geometris *sun shading*, maka dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Perbandingan bentuk

Dalam tahap ini, menentukan 2 objek perbandingan yaitu model *sun shading* dan gerak nasti tumbuhan Putri malu.

2. Perbandingan fungsi

Tahap ini, mengidentifikasi karakteristik 2 objek perbandingan yaitu karakteristik hasil pembayangan awal *sun shading* dan karakteristik nasti pada turgor putri malu (*Mimosa Pudica*) pada tungkai daun. Hal ini menjadi konsep pengembangan yang dapat diaplikasikan pada *sun shading* kinetik

3. Hasil konsep

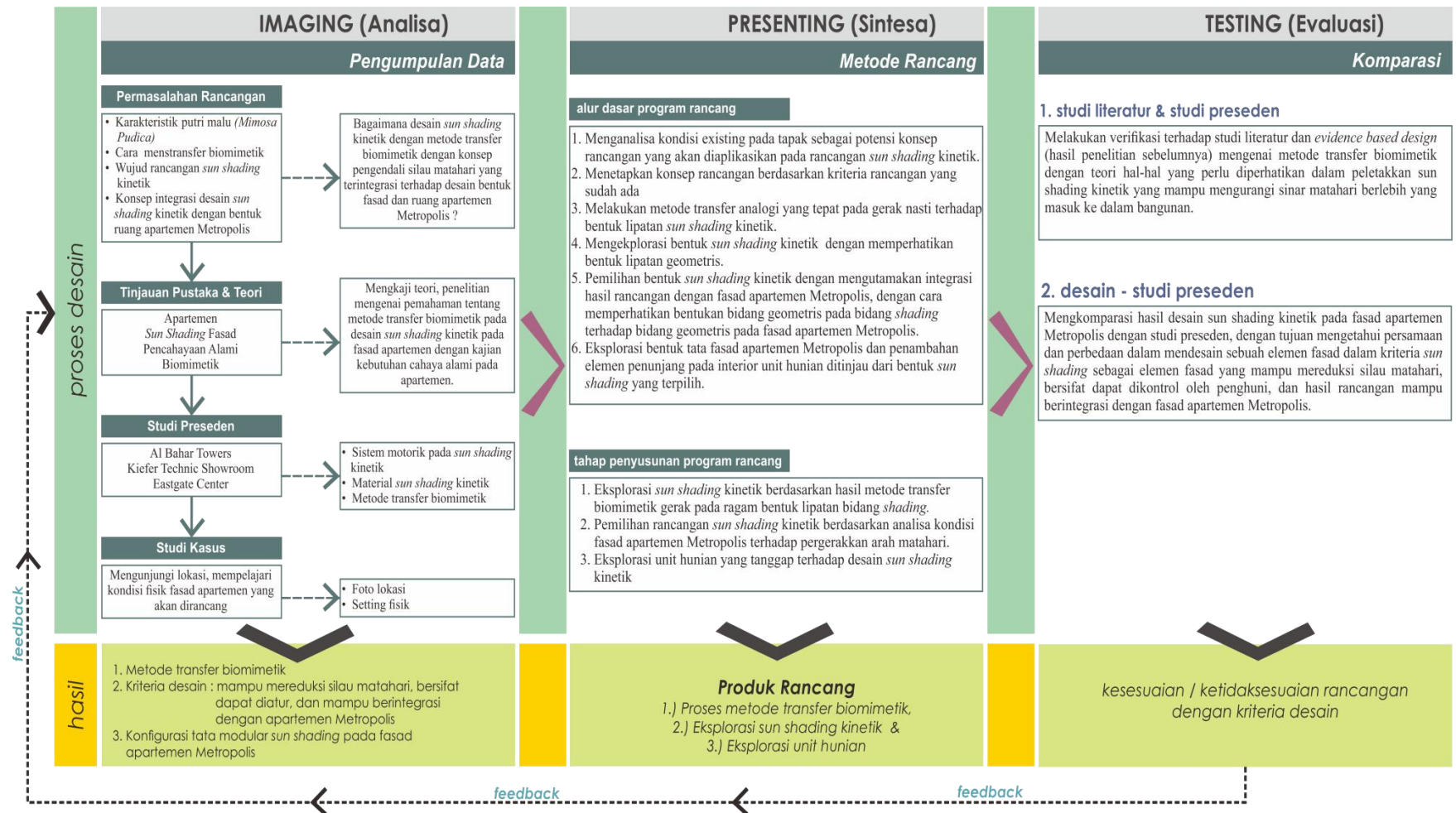
Tahap ini merupakan konsep yang dihasilkan dari penggabungan kedua bentuk karakteristik yang berbeda antara *sun shading* dan gerak nasti tumbuhan Putri malu.

### 3.4 Tahap *Testing* (Evaluasi)

Tahap *testing* menentukan bentuk terpilih berdasarkan konsep pengembangan biomimetik gerak nasti pada tumbuhan putri malu dan eksplorasi gerak dalam bentuk lipatan geometris. Tahap ini diseleksi berdasarkan kriteria yang telah ditetapkan.

Bentuk tahap terakhir *testing* ini dilakukan untuk mengelompokan ragam hasil bentuk eksplorasi *sun shading* berdasarkan kemampuan, kelebihan, kekurangan dan perbedaan yang dihasilkan antar ragam bentuk eksplorasi, sehingga proses desain dapat di olah kembali untuk mengetahui pengaruh setiap bentuk *sun shading*.

Hasil rancangan yang terpilih dikomparasi dengan studi preseden yang sudah ditetapkan sebagai tolak ukur perbandingan rancangan. Proses *feedback* dilakukan pada hasil komparasi dengan permasalahan rancangan untuk menghasilkan kesimpulan bahwasannya hasil rancangan layak digunakan dan mampu menyelesaikan permasalahan yang ada.



Gambar 3. 4 Diagram skematik proses perancangan

## BAB 4

### KONSEP DAN RANCANGAN

Tujuan dari desain tesis ini adalah mengeksplorasi *sun shading* kinetik dengan menggunakan gerak nasti pada tumbuhan Putri malu dengan menggunakan pendekatan arsitektur biomimetik. Adapun hasil rancangan *sun shading* kinetik ini akan diaplikasikan pada fasad apartemen Metropolis, dengan adanya beberapa perubahan pada tampilan fasad serta pola tata ruang apartemen. Kondisi apartemen Metropolis mengalami permasalahan pada kinerja fasad akibat minimnya pembayangan pada permukaan fasad.

Desain rancangan *sun shading* pada bangunan apartemen Metropolis akan menggunakan teknik kinetik dengan konsep biomimetik, hasil rancangan *sun shading* kinetik ini diharapkan dapat diaplikasikan pada kondisi fasad apartemen Metropolis sehingga dapat menjadi bidang *secondary skin* terhadap paparan silau cahaya matahari pada bangunan.



Gambar 4. 1 Lokasi apartemen Metropolis (Sumber : Google Earth, 2015)

#### 4.1 Kondisi Tapak

Menurut Darmawan (2008), Apartemen Metropolis merupakan desain apartemen yang bergaya tnodern- minimalis. Terletak di jalan Raya Trenggilis 91-93 Surabaya Selatan, memiliki tampilan fasade dengan menggunakan material kaca yang cukup luas sebagai bagian selubung bangunannya untuk mengesankan sifat desain minimalis, bangunan berbentuk balok horizontal (tower A dan B ) dan bentuk 'L' (tower C). Gaya minimalis ditunjukkan dengan penggunaan elemen garis vertikal berbentuk sirip-sirip dari beton yang berfungsi sebagai elemen estetika, sistem struktur dan *shading devices*. Penggunaan beberapa bidang kaca

yang cukup luas pada bagian depan serta samping bangunan, fasade dominan berwarna abu - abu muda. Fasade utama berorientasi ke arah selatan. Apartemen ini masih dalam pembangunan, yang terdiri dari II unit hunian dan 2 lantai ruko (tower A dan B) serta 1 lantai penunjang dan pada lantai paling atas terdapat 1 lantai utilitas pada masing- masing tower utama. Menggunakan sistem struktur rangka kaku dengan *core* pada tengah bangunan dan pada ke dua sisi bangunan terdapat tangga darurat dan utilitas.



Gambar 4. 2 Apartemen Metropolis (Apartemen.housing-estate, 2015)

Apartemen ini memiliki 2 tower utama dengan total 300 unit hunian yang memiliki 5 (lima) *room type*, yaitu tipe studio, tipe 1 kamar, tipe A dengan 2 kamar, tipe C dengan 2 kamar, dan *penthouse* dengan 3 kamar.

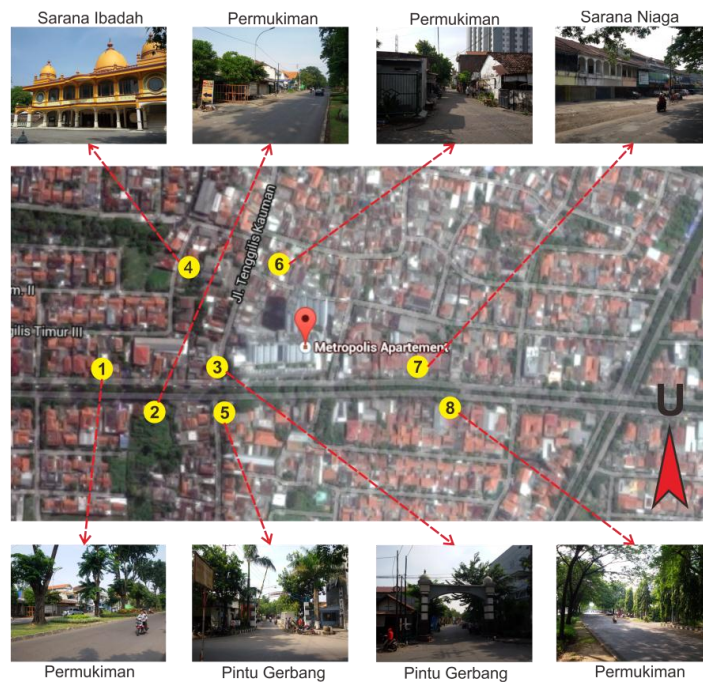


Gambar 4. 3 Denah tipe pada apartemen Metropolis (belisewarumah, 2015)

#### 4.2 Kondisi Bangunan di Sekitar Apartemen Metropolis

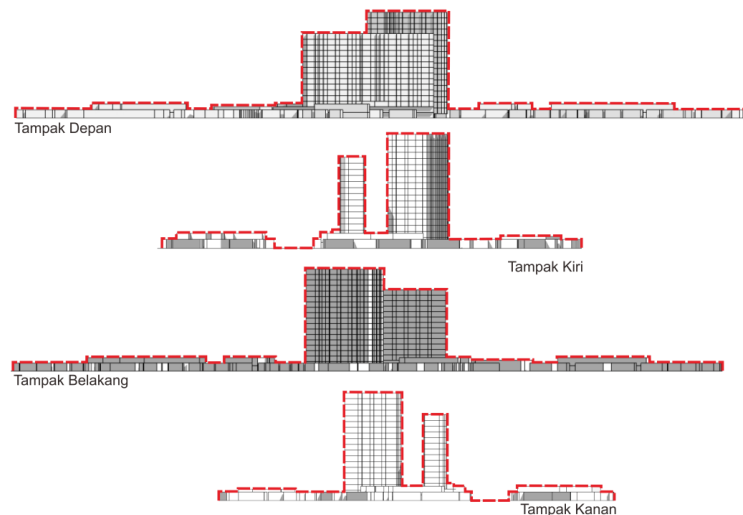
Bangunan di sekitar tapak di dominasi kompleks perumahan penduduk dengan fasilitas-fasilitas pendukung pada kawasan permukiman seperti mesjid. Selain itu terdapat beberapa bangunan komersil yang ada disekitar tapak berupa kompleks ruko yang dipergunakan sebagai saran perdagangan.





Gambar 4. 4 Bangunan disekitar tapak (Google Map, 2015)

Pada bangunan di sekitar tapak, rata-rata memiliki ketinggian 1 hingga 2 lantai, sehingga apartemen tidak mengalami pengaruh pembayangan akibat ketinggian bangunan di sekitarnya. Sebab area hunian pada apartemen Metropolis berada pada lantai 3 keatas.



Gambar 4. 5 *Skyline* apartemen metropolis terhadap bangunan sekitarnya

### 4.3 Kondisi Iklim Tapak

Kondisi iklim objek rancang berada pada wilayah iklim tropis lembab. Lokasi objek rancang berada di Surabaya yang terletak antara  $07.21^{\circ}$  Lintang

Selatan sampai dengan  $112.54^0$  Bujur Timur . wilayahnya merupakan dataran rendah dengan ketinggian 3-6 m di atas permukaan air laut, kecuali di sebelah selatan ketinggian 25-50 m di atas permukaan air laut. Batas wilayah Surabaya:

Sebelah Utara : Selat Madura

Sebelah Timur : Selat Madura

Sebelah Selatan : Kabupaten Sidoarjo

Sebelah Barat : Kabupaten Gresik.

1. Suhu dan Kelembapan Udara

Pada tahun 2010 hingga 2014, rata-rata suhu udara di kota Surabaya yang tercatat pada Stasiun Meteorologi Perak 1 Surabaya adalah  $28,8^{\circ}\text{C}$ . Suhu terendah terjadi pada bulan Januari yaitu sebesar  $27,4^{\circ}\text{C}$ , sedangkan suhu tertinggi pada bulan Oktober  $30,1^{\circ}\text{C}$ .

Kelembapan udara rata-rata yang terjadi di kota Surabaya berkisar 73 persen (%) dengan kelembapan terendah terjadi pada bulan Oktober yaitu 61 persen (%).

2. Curah Hujan dan Angin

Curah hujan tertinggi tercatat pada Stasiun Meteorologi Perak 1 Surabaya pada tahun 2014 terjadi pada bulan Maret yaitu 542 mm, sedangkan curah hujan terendah terjadi pada bulan Mei yaitu 53 mm.

Kecepatan angin tertinggi pada bulan Oktober pada tahun 2014 rata-rata 9 knots. Arah angin pada tahun 2013 tercatat dari arah barat laut.

3. Penyinaran Matahari

Pada tahun 2009 hingga 2013, rata-rata penyinaran matahari di kota Surabaya adalah  $60.6 \text{ Watt/m}^2$  , dimana penyinaran terendah terjadi pada bulan April yaitu sebesar  $765.80 \text{ Watt/m}^2$  , dan sedangkan penyinaran tertinggi pada bulan September  $1183.39 \text{ Watt/m}^2$  .

Tabel 4. 1 Rata-rata Parameter Cuaca kota Surabaya tahun 2010-2014

Bulan	Suhu Udara Rata-rata/bulan	Penyinaran Matahari Rata- rata/bulan Satuan : $\text{Watt/m}^2$	Kelembapan Rata-rata/bulan
Januari	27,50	909,75	81,92
Februari	28,00	958,14	80,89

Maret	28,29	1034,94	80,43
April	28,70	765,80	79,53
Mei	29,05	1018,83	76,96
Juni	28,61	988,47	74,45
Juli	28,20	1000,75	71,45
Agustus	28,30	1137,31	67,39
September	28,74	1183,39	66,05
Oktober	29,79	915,29	66,50
November	29,38	1028,71	73,52
Desember	28,09	861,84	81,43
<b>Rata-rata</b>			
<b>2013</b>	<b>27,7</b>	<b>57</b>	<b>78,2</b>
2012	27,7	63	77
2011	27,5	54	76,8
2010	27,7	64	75,7
2009	27,5	65	74

Sumber : Stasiun Meteorologi Perak 1 Surabaya, 2015

Berdasarkan tabel penyinaran diatas, maka dapat disimpulkan analisa pembayangan akan dilakukan pada bulan penyinaran tertinggi yaitu bulan September.

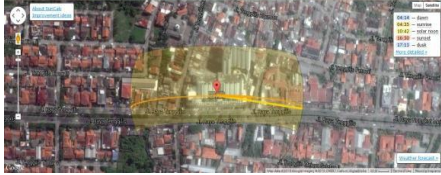
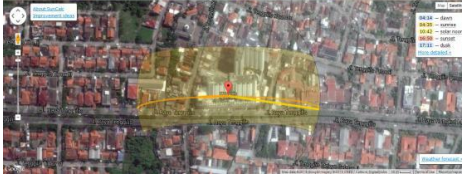
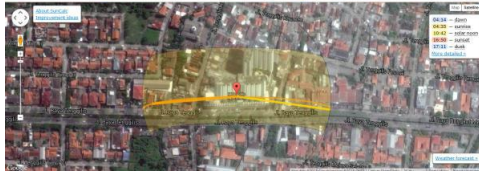






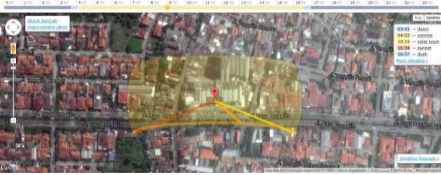
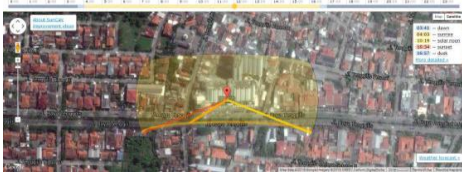
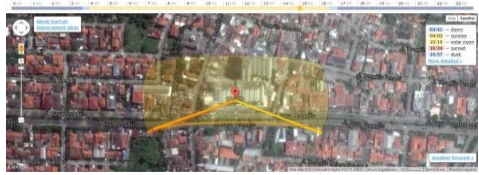
#### 4.4 Analisa Cahaya Matahari

Analisa cahaya matahari akan menggunakan analisa *SunCalc*, dan analisa pada *software* terdiri atas warna kuning transparan, kuning terang, warna merah dan warna *orange*. Adapun area berwarna kuning transparan merupakan jalur matahari dari arah timur ke barat sepanjang tahun. Garis kuning dan merah merupakan garis arah terbit dan terbenamnya matahari. Sedangkan garis orange di tengah merupakan pergerakan matahari pada bulan atau hari tertentu.

Hasil analisa mengenai jalur pergerakan cahaya matahari ini mempengaruhi posisi *sun shading* kinetik yang diaplikasikan pada fasad bangunan apartemen Metropolis. Tabel berikut menunjukkan pergerakan matahari dan cahaya matahari dalam sehari pada saat titik balik matahari yaitu bulan Maret, Juni, September dan Desember di area tapak kawasan apartemen Metropolis.

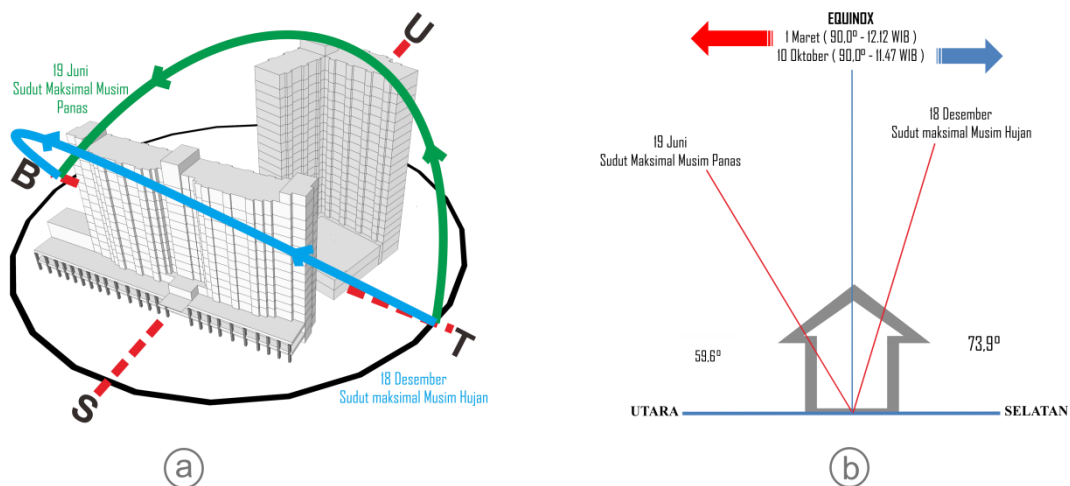


Tabel 4. 2      Tabel pergerakan matahari dan cahaya matahari

	09.00	12.00	15.00
<b>Maret</b>			
<b>Juni</b>			
<b>September</b>			
<b>Desember</b>			

Sumber : SunCalc, 2015

Dari Tabel 4.2 menunjukkan bahwa sisi timur, barat, dan selatan bangunan selalu mendapatkan cahaya matahari sepanjang tahun, akibat pada sisi tersebut selalu mendapatkan cahaya matahari karena bangunan tersebut merupakan bangunan yang tertinggi dibandingkan dengan area sekitarnya. Sedangkan pada sisi utara bangunan terhalangi oleh tower C, sehingga bangunan tower A dan B terhalangi oleh tower C. Pada bulan September dan Maret posisi matahari cenderung tegak lurus dengan tapak, maka cahaya matahari terbanyak berada pada atap bangunan. Pada bulan Juni posisi matahari lebih condong pada belahan bumi utara, maka cahaya matahari terbanyak ada pada sisi bagian utara bangunan, sedangkan pada bulan Desember posisi matahari lebih condong pada belahan bumi selatan, dengan demikian cahaya matahari terbanyak berada pada sisi selatan bangunan.



Gambar 4. 6 a). Orientasi matahari dan b). sudut jatuhnya cahaya matahari

Berdasarkan gambar 4.6, orientasi matahari kota Surabaya pada bulan 19 Juni cenderung berada pada daerah utara dengan sudut  $59,6^\circ$ . Sudut ini merupakan sudut terendah yang terjadi pada musim panas (kemarau). Pada bulan 18 Desember merupakan sudut tertinggi yaitu  $73,9^\circ$ . Sudut ini cenderung berada pada daerah selatan dan terjadi pada musim hujan.

Dengan analisa terhadap jalur cahaya matahari ini berdampak pada perletakan *sun shading* pada bangunan. Dapat disimpulkan bahwa peletakkan *sun shading* kinetik dapat diaplikasikan pada sisi selatan, barat dan timur dan pada area utara pada sebagian sisi bangunan, akibat adanya beberapa sisi tertutupi

bayangan oleh bangunan tower C, sehingga pencapaian fungsi *sun shading* ini dapat diaplikasikan pada bangunan apartemen Metropolis (tower A dan B) dengan tujuan untuk menciptakan pembayangan buatan yang dilakukan oleh penghuni untuk membuat kenyamanan visual di dalam bangunan. Berdasarkan analisa orientasi matahari diatas, maka analisa pembayangan akan dilakukan pada posisi matahari terendah dan posisi tertinggi.





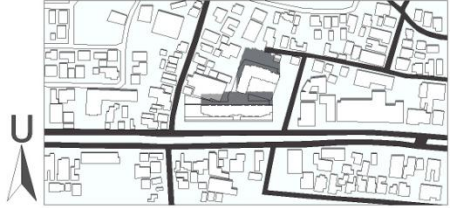




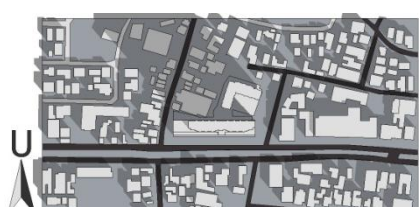


#### **4.5 Analisa Pembayangan pada Tapak**

Dapat dilihat pada Tabel 4.3 bahwa posisi jalur matahari pada bulan-bulan titik balik matahari menentukan pembayangan pada bangunan. Pembayangan terhadap tapak ini berhubungan langsung dengan bangunan sekitar lahan, karena selain pembayangan yang didapat dari tata letak dan tinggi bangunan pada tapak, pembayangan akibat bangunan sekitar juga merupakan faktor yang mempengaruhi area tapak yang terbayangi.

Tabel berikut menunjukkan zona pembayangan dalam sehari pada saat titik balik matahari yaitu bulan Maret, Juni, September dan Desember di area tapak:



Tabel 4. 3      Tabel pembayangan pada tapak

	09.00	12.00	15.00
<b>Maret</b>			
<b>Juni</b>			
<b>September</b>			
<b>Desember</b>			

Analisa terhadap pembayangan ditinjau dari kondisi kota Surabaya ditinjau dengan *software Sketchup* dengan *shadow setting* UTC -07.00. Berdasarkan analisa pembayangan rata-rata tiap bulan, sisi utara cenderung gelap akibat cahaya matahari melintas pada sisi barat dan timur serta pada sisi utara terdapat tower C yang mengakibatkan pembayangan buatan terhadap tower A dan B. Pada sisi selatan cenderung terang akibat belum adanya bangunan yang lebih tinggi dibanding dengan tower A dan B.

Menurut analisa pembayangan tiap bulan, pada pukul 09.00 cenderung gelap pada bulan Maret dan Desember. Pada pukul 12.00, cahaya matahari cenderung diatas atap bangunan namun pada sisi utara cenderung gelap pada sisi utara bangunan. Pada pukul 15.00, menurut analisa pembayangan, pada bulan maret dan Desember cenderung gelap dan pada bulan Juni cenderung terang pada sisi barat.

#### **4.6 Konsep Rancangan**

Pada bagian ini akan dijelaskan beberapa kondisi eksisting yang perlu dijelaskan sebelum fokus ke dalam kriteria rancangan yang sudah ditetapkan pada bab 2.10. Hal ini bertujuan untuk menganalisis kondisi eksisting yang sudah ada pada lokasi objek perancangan.

Berdasarkan kondisi eksisting, apartemen Metropolis memiliki tampilan Fasad memiliki tampilan datar dengan konsep minimalis dimana orientasi fasad utama bangunan menghadap selatan pada tower A dan B. Pada fasad utama tower C menghadap barat dan timur. Menurut data penyinaran matahari rata-rata yang tercatat pada Stasiun Meteorologi Perak 1 Surabaya, penyinaran tertinggi pada bulan September, 1183, 39 Watt/m<sup>2</sup> dan terendah pada bulan April yaitu 765,80 Watt/m<sup>2</sup>. Berdasarkan kondisi ini maka dapat ditarik sebuah kesimpulan yaitu :

1. Tampilan fasad harus menyesuaikan dengan kondisi iklim setempat.
2. Tata pola ruang pada tiap tipe unit apartemen perlu adanya beberapa perubahan berdasarkan peletakkan *sun shading*.
3. Perlu adanya rancangan elemen yang dapat mereduksi cahaya alami pada fasad apartemen Metropolis

Dari kesimpulan diatas, bila dikaitkan dengan kondisi eksisting diatas maka bila dikaitkan terhadap kriteria desain pada sub bab 2.10 yang sudah ditetapkan, maka konsep desain *sun shading* kinetik yang dihasilkan dapat dijabarkan sebagai berikut :

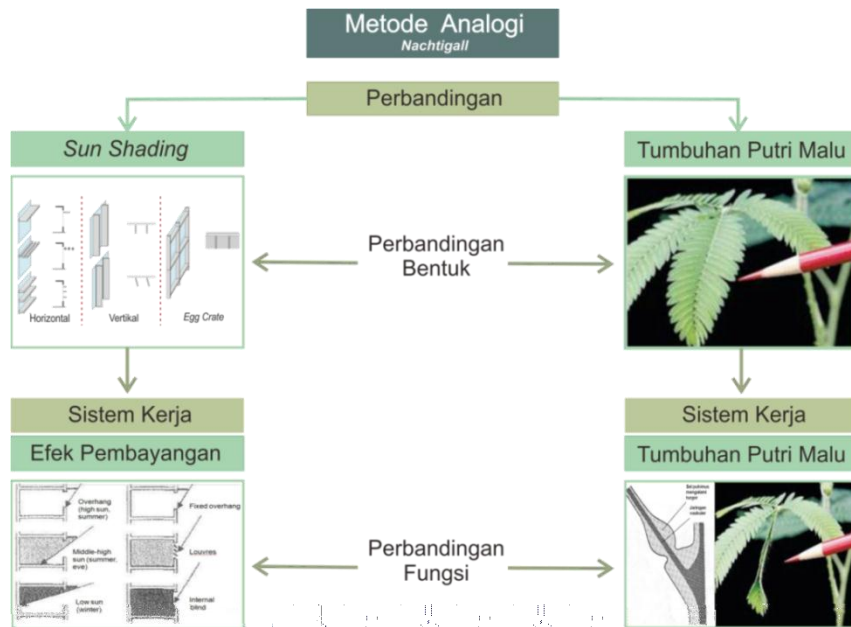
1. *Sun shading kinetik sebagai solusi pemecahan masalah:* Konsep rancangan *sun shading* kinetik sebagai sebuah rancangan elemen yang mampu mereduksi silau matahari yang masuk ke dalam interior apartemen berdasarkan kondisi penyinaran matahari di kota Surabaya.
2. *Lipatan geometris pada bidang sun shading kinetik sebagai konsep efisiensi :* Bentuk lipatan pada bidang *shading* yang mampu bergerak seefisien mungkin yang memiliki tungkai penggerak motorik kinetik yang sederhana dengan jumlah yang sedikit serta bersifat dinamis dan fleksibel yang mampu bergerak didasari oleh keinginan penghuni apartemen Metropolis.
3. *Perlu adanya perubahan bentuk fasad pada tiap-tiap unit apartemen berdasarkan peletakkan sun shading :* Konsep tampilan fasad berubah menyesuaikan dengan bentuk rancangan *sun shading* yang di integrasikan dengan bentuk rancangan interior pada unit hunian apartemen Metropolis yang didasari bentuk geometris.

Konsep rancangan diawali dengan menyelidiki tumbuhan Putri malu sebagai objek implementasi biomimetik. Lalu dilanjutkan dengan pengembangan biomimetik tumbuhan Putri malu pada bentuk pergerakan *sun shading* dan pemilihan gerak terbaik. Setelah pemilihan gerak, maka dilanjutkan dengan eksplorasi bentuk *sun shading* yang didasarkan pada kriteria yang telah ditetapkan.

#### **4.6.1 Implementasi Konsep Sun Shading Kinetik**

Tahap implementasi merupakan menganalisis konsep *sun shading* kinetik dengan menganalogikan gerak nasti pada tumbuhan putri malu. Tahap awal perlu melakukan perbandingan bentuk dan fungsi (Petra Gruber, 2011), antara tumbuhan putri malu dan desain *sun shading* yang pada umumnya terlihat jauh berbeda. Hal ini berbeda disebabkan putri malu bergerak akibat rangsangan sentuhan yang diakibatkan adanya gerakan turgor pada tungkai daun sehingga menyebabkan daun menutup. Sedangkan *sun shading* bekerja sesuai dengan

pergerakan matahari dengan memberi pembayangan di dalam ruangan, dan posisi *sun shading* statis dan tetap. Proses analisis perbandingan bentuk dan fungsi pada kedua objek berbeda tersebut, dapat dilihat pada gambar 4.6



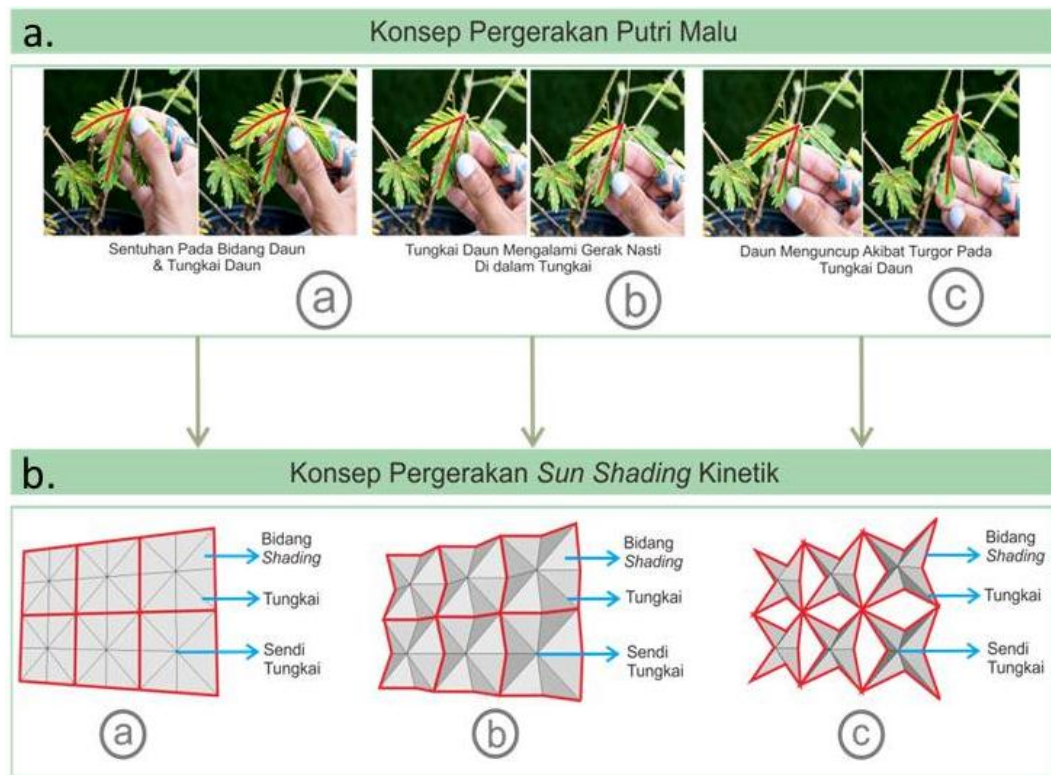
Gambar 4. 7 Analisis perbandingan bentuk dan fungsi dengan metode analogi Nachtigall

Tahap analisis perbandingan bentuk dan fungsi dengan metode analogi Nachtigall (2011), dijabarkan sebagai berikut :

1. Menganalisis perbandingan bentuk tumbuhan putri malu dan bentuk dasar *sun shading*.
2. Menganalisis perbandingan fungsi pada tumbuhan putri malu dan fungsi bentuk dasar *sun shading*, dalam hal ini fungsi dasar pada bentukan tumbuhan putri malu adalah kinerja gerak nasti pada tungkai daun lalu dibandingkan dengan efek pembayangan yang dihasilkan dari ragam bentuk dasar *sun shading*.

Setelah menganalisis perbandingan bentuk dan fungsi antara tumbuhan putri malu dan desain *sun shading*, maka langkah selanjutnya adalah mensintesis atau menggabungkan dua konsep yang berbeda menjadi satu. Untuk mendapatkan konsep awal pada tahap sintesis ini, maka langkah yang dapat diambil adalah dengan menggunakan metode analogi. Konsep analogi ini adalah menyamakan gerak

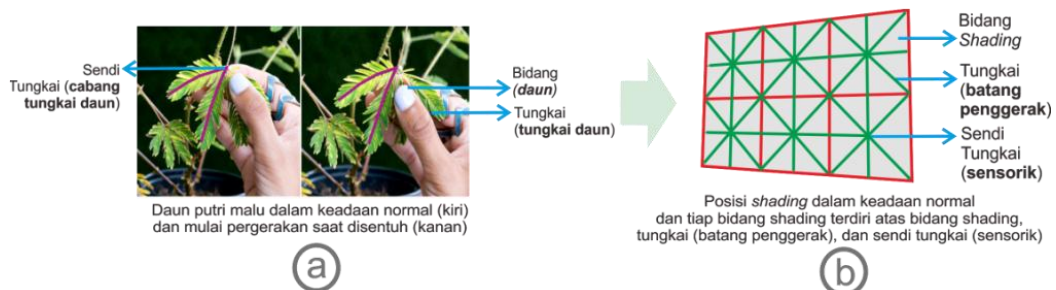
turgor yang akan di aplikasikan pada *sun shading* kinetik. Hal ini dapat terlihat pada gambar 4.7



Gambar 4. 8 a) Konsep sintesis pengembangan analogi biomimetik Putri malu (vietnamnet.vn, 2015) dan b) Konsep sintesis pengembangan analogi biomimetik Putri malu pada *sun shading* kinetik

Konsep sintesis pengembangan analogi terbagi 3 tahap, penjelasan diatas dapat dijabarkan sebagai berikut :

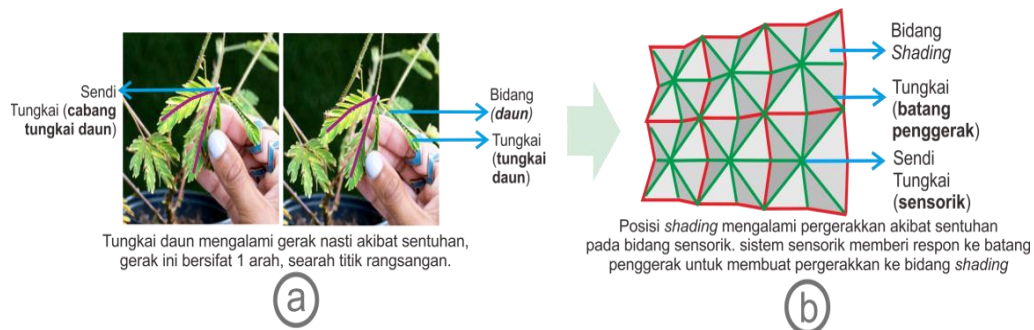
- Mensintesa perbandingan bentuk putri malu menjadi bentuk *sun shading* yang dalam keadaan konstan.



Gambar 4. 9 a) Gambar tumbuhan putri malu sebelum disentuh (vietnamnet.vn, 2015) dan b) Gambar bidang *shading* sebelum disentuh



- a. Daun putri malu dalam keadaan normal (kiri) dan mulai pergerakan saat disentuh (kanan)
  - b. Posisi *shading* dalam keadaan normal dan tiap bidang *shading* terdiri atas bidang *shading*, tungkai (batang penggerak), dan sendi tungkai (sensorik)
- b) Mensintesa pergerakan nasti pada tungkai daun putri malu ke bentuk *sun shading* kinetik dengan meniru gerakan turgor pada tumbuhan putri malu ke dalam bentuk gerakan mekanik pada *sun shading* kinetik.



Gambar 4. 10 a) Awal pergerakan tumbuhan putri malu akibat sentuhan (vietnamnet.vn, 2015) dan b) Posisi bidang *shading* setelah disentuh pada daerah sensorik

- a. Tungkai daun mengalami gerak nasti akibat sentuhan, gerak ini bersifat 1 arah, searah titik rangsangan. Menurut penelitian yang dilakukan, tumbuhan putri malu mengalami respon pergerakan selama 2 detik setelah disentuh.
  - b. Posisi *shading* mengalami pergerakan akibat sentuhan pada bidang sensorik. Sistem sensorik memberi respon ke batang penggerak untuk membuat pergerakan ke bidang shading. Adapun sistem sensorik berupa alat responsif yang peka terhadap sentuhan.
- c) Mensintesa gerak menguncup pada daun putri malu ke dalam bentuk *sun shading* yang menutup secara penuh.



Gambar 4. 11 a.) Posisi daun putri malu menutup penuh (vietnamnet.vn, 2015) dan b.) Posisi *shading* membuka penuh

- Daun putri malu menguncup penuh akibat turgor pada tungkai daun. Dan daun mengalami proses “pingsan” dalam jangka waktu semalam.
- Posisi *shading* membuka penuh akibat sentuhan pada bidang sensorik. Namun pergerakan pembukaan bidang *shading* ini dapat dikembalikan ke dalam posisi semula dengan melakukan pergerakan pada bidang sensorik.

Berdasarkan hasil sintesa sebelumnya, maka dapat disimpulkan bahwa bahwa pergerakan turgor pada tumbuhan putri malu dapat di aplikasikan ke dalam pergerakan mekanik kinetik pada *sun shading* dengan bantuan perkembangan teknologi.

#### 4.6.2 Eksplorasi Gerak Pada *Sun Shading*

Adapun konsep desain yang ingin dicapai dalam eksplorasi *sun shading* ini akan di analisa dari kajian pustaka meliputi ragam bentuk *sun shading*, konsep biomimetik putri malu, apartemen, serta analisa tapak terpilih yang nantinya akan di sintesa untuk menyusun konsep berdasarkan kriteria desain.

Kriteria desain yang akan digunakan adalah : *Sun shading* kinetik sebagai solusi pemecahan masalah dan lipatan geometris pada bidang *sun shading* kinetik sebagai konsep efisiensi, digunakan sebagai acuan pada tahap sintesis untuk mendapatkan beberapa alternatif konsep desain. Alternatif konsep desain kemudian dievaluasi untuk mendapatkan skematik rancangan yang paling sesuai.

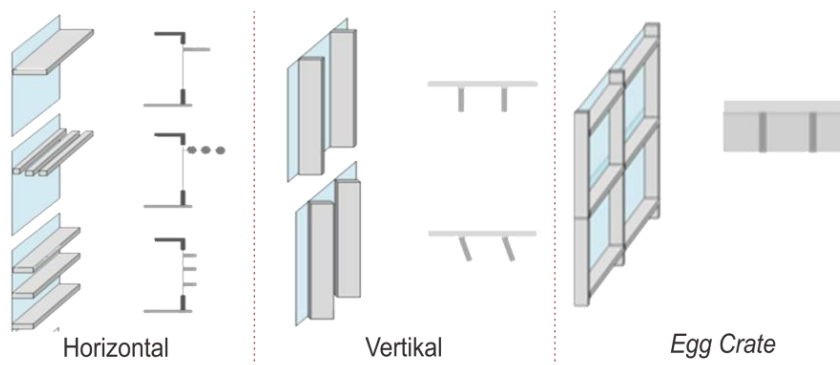
Permodelan gerak pada *sun shading*, mengacu pada mekanisme gerak Putri Malu. Gerak ini menganalogikan pergerakan daun akibat tekanan turgor secara tiba-tiba dalam sel-sel parenkim pada pulvinus dekat tangkai daun (*petiolus*) tumbuhan putri malu tersebut. Jika yang disentuh hanya ujung anak-anak daun

saja, maka yang akan melipat berpasang-pasangan dari ujung ke pangkal daun, disusul daun berikutnya di sepanjang batang itu, demikian seterusnya sampai semua daun melipat. Seolah-olah ada rangsang yang mengalir dari daun ke daun yang lain.

Hal ini menjadi landasan dalam membuat konsep pergerakan kinetik serta ditambah dengan konsep permodelan sun shading yang sudah ada. Bentuk permodelan gerak ini meliputi analisis dengan model dasar pada sun shading yang sudah ada, lalu dilanjutkan dengan mensintesa konsep analisis dan diakhiri dengan mengevaluasi kemungkinan gerak ditinjau dari kriteria perancangan.

#### 1. *Imaging* (Analisis)

Eksplorasi gerak *sun shading* berawal dari tiga jenis dan bentuk dasar *sun shading*. Pada dasarnya konsep gerak dan konsep bentuk statis sangat berbeda, namun pada bagian analisa ini adalah membuat konsep baru dengan cara membuat konsep gerak dengan mengadaptasikan 3 (tiga) bentuk dasar yaitu horizontal, vertikal dan *egg-crate* dalam posisi statis.



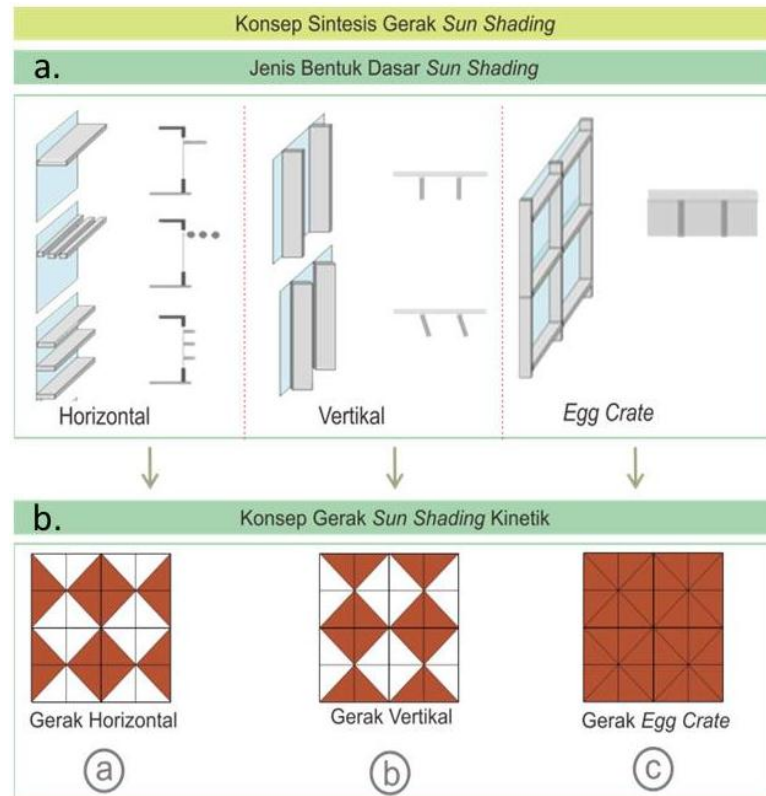
Gambar 4. 12 Bentuk dasar *sun shading* (bembook.ibpsa.us, 2015)

Pada dasarnya, tumbuhan putri malu bergerak jika yang disentuh hanya ujung anak-anak daun saja, maka yang akan melipat berpasang-pasangan dari ujung ke pangkal daun, disusul daun berikutnya di sepanjang batang itu, demikian seterusnya sampai semua daun melipat.

Sehingga dapat disimpulkan bahwa pergerakan tumbuhan putri malu hanya 1 arah mengikuti gerak rangsangan. Sehingga bagaimana membuat pergerakan kinetik pada *sun shading* yang mengacu pada gerak turgor namun tanpa membuat pergerakan sefleksibel mungkin mengacu pada kebutuhan yang diinginkan penghuni apartemen.

## 2. Presenting (Sintesa)

Tahapan eksplorasi dimulai dengan transformasi 3 (tiga) jenis bentuk dasar *shading* yaitu *horizontal*, *vertical* dan *egg crate*, ditransformasikan kedalam bentuk satuan fasad mengacu pada efisiensi pergerakan *sun shading* kinetik serta persentase bukaan *shading*. Tahap sintesis ini terlihat pada gambar 4.13



Gambar 4. 13 a) Konsep bentuk *sun shading* (bembook.ibpsa.us, 2015) dan b) Konsep sintesis gerak *sun shading* kinetik

Konsep pergerakan pada gambar 4.13 ini mengacu pada permodelan 3 (tiga) bentuk dasar *sun shading* dalam posisi statis yaitu horizontal, vertikal dan *egg-crate*. Dalam hal ini model statis ini dikembangkan menjadi konsep gerak dinamis menjadi konsep gerak dengan sistem arah horizontal, vertikal, dan *egg-crate*.

Sehingga konsep transformasi gerak bentuk ini menghasilkan 3 (tiga) alternatif gerak yang dapat diaplikasikan pada pergerakan kinetik *sun shading* yang diterapkan pada fasad bangunan apartemen.

### 3. *Testing* (Evaluasi)

Ketiga konsep gerak sintesis ini kemudian dievaluasi kembali dengan mengacu pada kriteria pada sub bab 2.10. Indikator pada tahap evaluasi ini akan melalui 3 (tiga) warna berdasarkan sifat bidangnya, yaitu bidang statis, bidang gerak (kinetis) dan bidang bukaan.



Gambar 4. 14 Indikator evaluasi a). Bidang Statis, b). Bidang gerak (kinetis), c) bidang bukaan, dan d) pembayangan

Tabel 4. 4 Evaluasi gerak *sun shading*

Kriteria Gerak	Gerak Bukaan				Evaluasi
Efisiensi pergerakan <i>shading</i> didasari jumlah sendi tungkai.	 (a)	 (b)	 (c)	 (d)	✓
	 (a)	 (b)	 (c)	 (d)	✓
	 (a)	 (b)	 (c)	 (d)	✓
Persentase bukaan pada <i>sun shading</i> didasari dari bentuk dasar bidang <i>shading</i> .	 (a)	 (b)	 (c)	 (d)	✗
	 (a)	 (b)	 (c)	 (d)	✗
	 (a)	 (b)	 (c)	 (d)	✓

Berdasarkan tabel evaluasi diatas, 3 (tiga) gerak dasar kinetik berdasarkan kriteria efisiensi pergerakan *shading* yang didasari jumlah sendi tungkai dapat memenuhi kriteria, namun berdasarkan kriteria persentase bukaan pada *sun shading* yang didasari dari bentuk dasar bidang *shading*, model gerak horizontal dan vertikal tidak dapat memenuhi kriteria akibat adanya beberapa sisi yang tidak dapat dibuka secara fleksibel mungkin mengacu pada kebutuhan yang diinginkan penghuni apartemen.

Berdasarkan evaluasi diatas, dapat disimpulkan desain bentuk gerak yang terbaik adalah gerak *egg-crate*, hal ini disebabkan karena :

1. Bentuk dasar gerak *egg-crate* lebih efisien dalam pergerakan sendi tungkai.
2. Bentuk dasar gerak *egg-crate* memungkinkan adanya bukaan pada *sun shading* lebih besar karena adanya gabungan bukaan vertikal dan horizontal.

#### **4.6.3 Eksplorasi Bentuk Lipatan Geometris Pada Sun Shading**

Tahap ini meliputi menganalisa karakteristik berupa sifat-sifat dasar pada bentuk *shading* serta kelebihan dan kekurangan yang dimiliki bentukan eksplorasi bentuk lipatan yang akan didapat. Setelah itu tahap ini mensintesa bentuk lipatan menjadi bentuk dasar *shading*, sehingga bentuk dasar *shading* ini dievaluasi menjadi bentuk *sun shading* seutuhnya yang dapat diaplikasikan pada fasad apartemen Metropolis.

##### **1. Imaging (Analisis)**

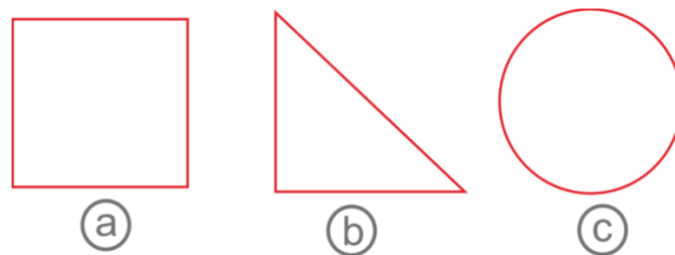
Eksplorasi bentuk dasar ini mengacu pada kriteria desain yaitu efisiensi bentuk dasar *shading* terhadap pergerakan kinetik pada *sun shading* dan efisiensi bukaan yang dihasilkan. Bentukan ini nantinya berdasarkan pendekatan bentuk geometri. Menurut D.K Ching (2008), bentuk geometri adalah sebuah istilah inklusif yang memiliki beberapa makna dan bisa merujuk pada sebuah penampilan eksternal yang dapat dikenali.

Pendekatan geometrik (*Canonic Approach*) yaitu pendekatan perancangan bentuk melalui kaidah-kaidah: geometrik, matematis, keteraturan (*orders*), modul, dsb. Pendekatan kanonik pada saat sekarang ini berkembang menjadi pendekatan sintaksis yaitu bahasa bentuk. Pendekatan sintaksis

(pendekatan kanonik/geometrik) dalam kaitan konsep tematik sebagai pendekatan terhadap konsep arsitektur kinetik yang respon terhadap lingkungan menghasilkan bentuk, dimensi dari modul fasad kinetik (bergerak) yang akan diaplikasikan pada fasad apartemen Metropolis.

Bentuk geometri ini berawal dari bentuk dasar. Jika bentuk seringkali menyertakan sebuah indera massa atau volume yang tiga dimensional, maka bentuk-bentuk dasar lebih terujuk secara khusus pada aspek bentuk yang sangat penting yang mengendalikan penampilannya konfigurasi atau disposisi relatif garis atau kontur yang menentukan batas sebuah figur atau bentuk.

Bentuk modul fasad kinetik berdasarkan dari pengambilan fungsional bentuk yang mengacu pada 3 (tiga) bentuk dasar yaitu, persegi, segitiga dan lingkaran.



Gambar 4. 15 Bentuk dasar, a). Persegi, b). Segitiga, dan c). Lingkaran

Bentuk dasar ini berdasarkan beberapa pertimbangan dalam bentuk geometris menurut D.K Ching (2008), adalah terlihat pada tabel 4.5

Tabel 4. 5 Sifat bentuk dasar

<b>Persegi</b>	<b>Segitiga</b>	<b>Lingkaran</b>
1. Bersifat simetris	1. Menekankan sifat stabilitasnya bila diletakkan pada satu sisi	1. Memiliki bentuk figur yang memusat
2. Bersifat dinamis bila berdiri diatas sudutnya	2. Bila diletakkan pada satu titik sudut, maka bersifat cenderung “jatuh”	2. Memiliki titik tengah didalam bidangnya
3. Bersifat stabil bila garis diagonalnya menjadi vertikal dan horizontal.		

Sumber : D.K Ching

Setelah menentukan bentuk dasar, maka tahap selanjutnya adalah mensintesa bentuk dasar menjadi bentuk dasar *shading* yang nantinya dapat

diaplikasikan ke bentuk kesatuan *sun shading* kinetik dengan pertimbangan beberapa bukaan yang diinginkan oleh penghuni.

Bentuk dasar ini nantinya akan mengalami pengembangan bentuk lipatan pada tahap selanjutnya dengan metode transformasi bentuk dasar menjadi satu bentuk yang kompleks serta dievaluasi berdasarkan kriteria. Adapun tahap eksplorasi transformasi bentuk ini terdiri atas metoda penggabungan bentuk dasar.

Eksplorasi penggabungan bentuk dasar ini dengan cara menggabungkan kedua bentuk dasar *shading* yang berbeda menjadi satu bagian *sun shading* kompleks, serta bentuk ini memiliki acuan pada kriteria desain yaitu efisiensi bentuk dasar *shading* terhadap pergerakan kinetik pada *sun shading* dan efisiensi bukaan yang dihasilkan.

## 2. *Presenting* (Sintesa)

Konsep sintesa bentuk dasar *sun shading* ini mengacu pada 3 (tiga) bentuk dasar yang dapat terlihat pada gambar 4.15 Masing-masing bentuk ketiga dasar ini memiliki sifat-sifat umum, diantaranya :

1. Bentuk bidang persegi
  - a. Memiliki 4 (empat) sisi
  - b. Memiliki bidang geometris yang tegas
2. Bentuk bidang segitiga
  - a. Memiliki 3 (tiga) sisi
  - b. Memiliki sisi runcing
3. Bentuk dasar lingkaran
  - a. Memiliki sisi dinamis

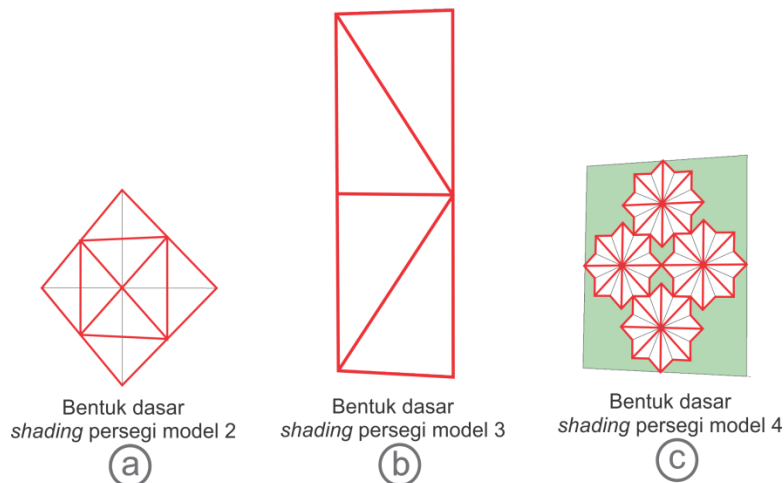
Dari karakteristik tersebut, maka dapat ditentukan bentuk dasar *shading* yang terlihat pada gambar 4.16. Pada bentuk *shading* persegi terdiri atas susunan bentuk dasar persegi, pada bentuk dasar segitiga tersusun dari bentuk susunan segitiga dan bentuk lingkaran terdiri dari bentuk dasar lingkaran yang ditempatkan pada bidang persegi dengan bukaan hanya pada bidang lingkaran saja.





Gambar 4. 16 Bentuk dasar *sun shading*, a). Persegi, b). Segitiga, dan c). Lingkaran

Adapun pengembangan bentuk *shading* dari bentuk dasar diatas, maka menghasilkan 3 model persegi baru dengan menggunakan pengembangan bentuk rotasi dan memanjang.

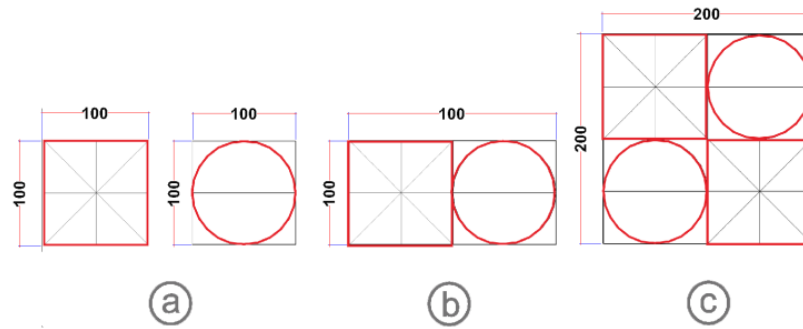


Gambar 4. 17 Bentuk dasar *sun shading*, a). Persegi model 2, b). Persegi model 3, dan c). Persegi model 4

Dan pada tahap sintesis penggabungan bentuk dasar yang berbeda akan menjadi bentuk-bentuk konfigurasi yang berbeda, yang nantinya akan dikaji berdasarkan kriteria yang telah ditentukan. Bentuk konfigurasi penggabungan bentuk dasar lipatan terlihat pada gambar berikut.

#### a. Konfigurasi 1

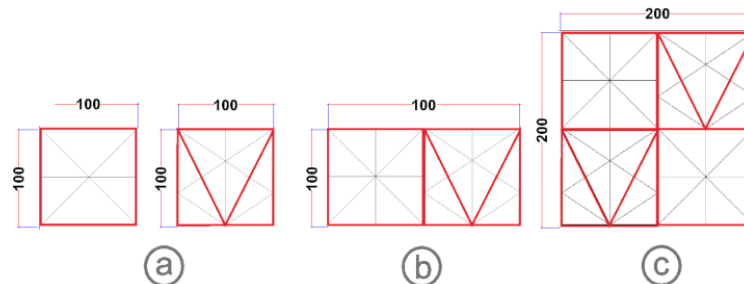
Bentuk *sun shading* ini merupakan penggabungan *shading* persegi dan *shading* lingkaran. Pada *shading* lingkaran merupakan susunan bentuk persegi didalam bentuk persegi terdapat sisa bidang pada persegi tidak dapat berfungsi secara kinetik dan tetap dalam keadaan statis.



Gambar 4. 18 a. Bentuk dasar *shading* persegi dan bentuk dasar *shading* lingkaran; b. Penggabungan bentuk dasar *shading* persegi dan bentuk dasar *shading* lingkaran; c. Hasil Konfigurasi 1

#### b. Konfigurasi 2

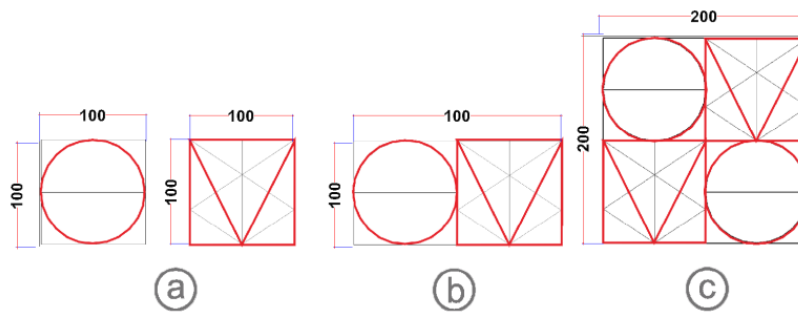
Bentuk *sun shading* ini merupakan penggabungan *shading* persegi dan *shading* segitiga. Bentuk *sun shading* Segitiga tersusun dari bentuk pengulangan bentuk dasar segitiga dengan modifikasi pengulangan dipadukan dengan susunan *shading* persegi pada tiap sisi *shading*.



Gambar 4. 19 a. Bentuk dasar *shading* persegi dan bentuk dasar *shading* segitiga; b. Penggabungan bentuk dasar *shading* persegi dan bentuk dasar *shading* segitiga; c. Hasil Konfigurasi 2

#### c. Konfigurasi 3

Bentuk *sun shading* ini merupakan penggabungan *shading* segitiga dan *shading* lingkaran. Bentuk ini perpaduan bentuk pengulangan *shading* segitiga dan dipadu dengan *shading* lingkaran merupakan di dalam susunan bentuk persegi.



Gambar 4. 20 a. Bentuk dasar *shading* lingkaran dan bentuk dasar *shading* segitiga; b. Penggabungan bentuk dasar *shading* lingkaran dan bentuk dasar *shading* segitiga; c. Hasil Konfigurasi 3

### 3. *Testing* (Evaluasi)

Tahap evaluasi ini akan menjelaskan bentuk dasar yang terbaik yang dapat diaplikasikan pada *sun shading* dengan mengacu pada konsep rancangan yang sudah ditetapkan. Adapun evaluasi pembayangan dilakukan pada unit hunian *type 1* kamar apartemen Metropolis untuk mewakili evaluasi dengan orientasi unit hunian menghadap barat pada pukul 08.00 dan menghadap selatan pada pukul 12.00. Unit ini memiliki bukaan sekitar 2,8 m<sup>2</sup> (15% dari luas lantai 19,17m<sup>2</sup>).

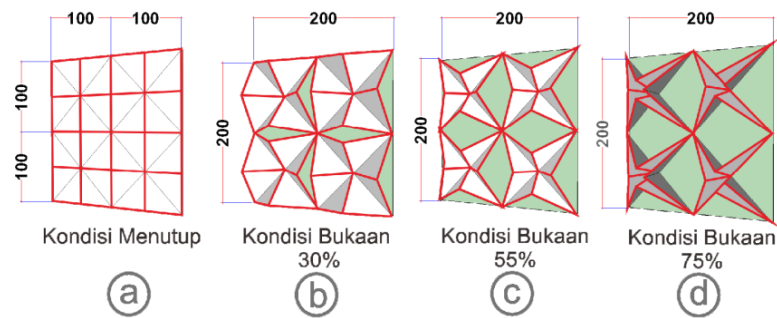
Tabel 4. 6 Parameter berdasarkan kriteria desain

No.	Teori	Parameter
1.	Menurut <b>Priatman (2008)</b> , untuk kenyamanan visual pencahayaan alami berkisar 30%	Persentase kenyamanan visual berkisar 30%
3.	Jumlah tungkai kinetik yang efisien pada pergerakan <i>shading</i> harus seminimal mungkin ( <b>Jamil Majed, 2013</b> )	Jumlah tungkai seminimal mungkin dengan jumlah 1 – 5 tungkai
4.	Integrasi bentuk geometris didasari atas persamaan antar dua objek bentuk. ( <b>D.K Ching, 2008</b> )	Kesamaan bentuk geometris antara desain <i>sun shading</i> dengan fasad apartemen Metropolis.
5.	Efisiensi bukaan <i>sun shading</i> antara 30 % - 80% ( <b>Jamil Majed, 2013</b> )	Evaluasi dilakukan secara random pada bukaan 30%, 55%, dan 75 %

Evaluasi bentuk dasar ini terbagi atas 3 (tiga) bentuk yaitu :

#### 1. Bentuk *Sun Shading* Persegi

Bentuk *sun shading* persegi ini terbentuk atas susunan beberapa bentuk dasar persegi menjadi satu. Pada tiap bagian *shading* terdiri atas bidang dasar dan tungkai penggerak *shading*.



Gambar 4. 21 Bentuk dasar *shading* persegi

Kelebihan :

1. Bentuk lipatan efisien terhadap pergerakan sendi tungkai kinetik
2. Persentase bukaan besar
3. Bentuk sederhana

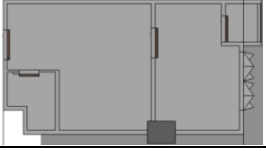
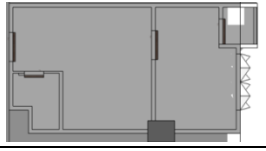

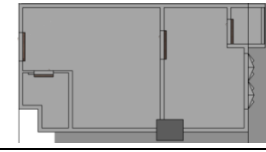
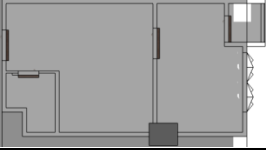
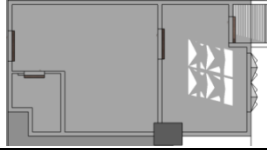
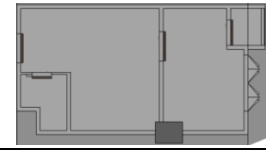
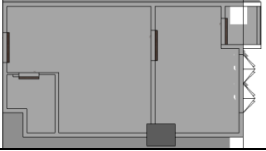
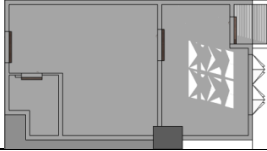
Kekurangan :

1. Bentuk monoton

Tabel 4. 7 Bentuk variasi pembayangan dan persentase bukaan bentuk *shading* persegi menghadap arah barat.

Persentase Bukaan	Penyinaran Bulan 19 Juni	Penyinaran Bulan 15 September	Penyinaran Bulan 18 Desember
30 %			
Persentase	Bayangan 83 % , Cahaya 17 %	Bayangan 82 % , Cahaya 18 %	Bayangan 84 % , Cahaya 16 %
55 %			
Persentase	Bayangan 68 % , Cahaya 32 %	Bayangan 67 % , Cahaya 33 %	Bayangan 69 % , Cahaya 31 %
75 %			
Persentase	Bayangan 63% , Cahaya 37 %	Bayangan 62 % , Cahaya 38 %	Bayangan 64 % , Cahaya 36 %

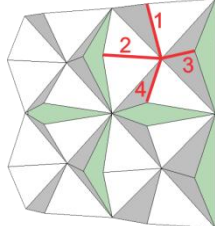
Tabel 4. 8 Bentuk variasi pembayangan dan persentase bukaan bentuk *shading* persegi menghadap arah selatan

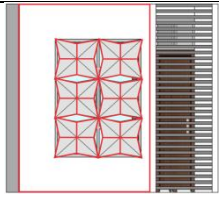
Persentase Bukaan	Penyinaran Bulan 19 Juni	Penyinaran Bulan 15 September	Penyinaran Bulan 18 Desember
30 %			
Persentase	Bayangan 99 % , Cahaya 1 %	Bayangan 97 % , Cahaya 3 %	Bayangan 73 % , Cahaya 27 %
55 %			
Persentase	Bayangan 99 % , Cahaya 1 %	Bayangan 96 % , Cahaya 4 %	Bayangan 69 % , Cahaya 31 %
75 %			
Persentase	Bayangan 99 % , Cahaya 1 %	Bayangan 95 % , Cahaya 5 %	Bayangan 66 % , Cahaya 35 %

Persentase yang mendekati kenyamanan visual pada model *sun shading* bentuk persegi untuk orientasi menghadap arah barat berada pada bukaan 55% dengan nilai persentase bayangan 68 % cahaya 32 % untuk penyinaran bulan 19 Juni, bayangan 67 % cahaya 33 % untuk penyinaran bulan 15 September dan bayangan 69 % , cahaya 31 % untuk penyinaran bulan 18 Desember.

Kenyamanan visual untuk orientasi menghadap selatan berada pada bukaan 55% pada bulan 18 Desember dengan nilai persentase bayangan 69 % cahaya 31 %.

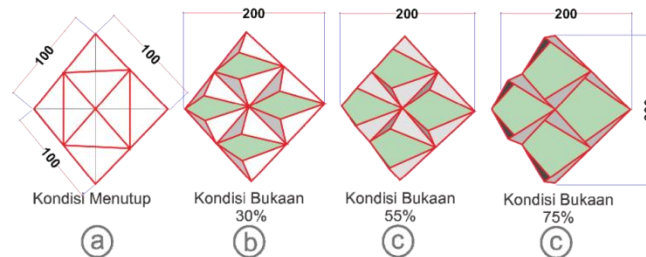
Tabel 4. 9 Evaluasi bentuk *shading* persegi

No.	Parameter	Testing (Evaluasi)	Kesimpulan
1.	Persentase kenyamanan visual berkisar 30%	Pada bukaan 55 %	Kriteria tercapai
2.	Jumlah tungkai seminimal mungkin	 <p>4 tungkai penggerak</p>	Kriteria tercapai

3.	Integrasi bentuk geometris desain <i>sun shading</i> dengan fasad apartemen Metropolis.	 <p>Bentuk dasar memiliki kesamaan bentuk dengan fasad apartemen</p>	Kriteria tercapai
----	---	--	-------------------

## 2. Bentuk *Sun Shading* Persegi Model 2

Bentuk *sun shading* persegi model 2 ini terbentuk dari rotasi bentuk dasar persegi. Pada bagian tengah *shading* terdapat tungki penggerak dan sebagai celah bukaan *shading* kinetik. Pada masing-masing pinggiran sisi terdapat tungkai statis sebagai penahan tungkai penggerak bidang *shading*.



Gambar 4. 22 Bentuk dasar *shading* persegi model 2


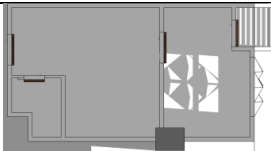
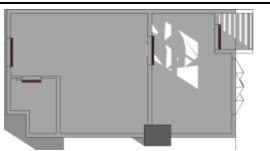
Kelebihan :

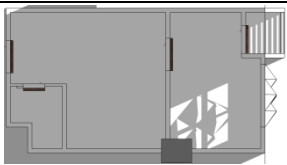
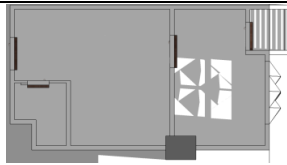
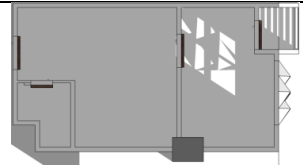

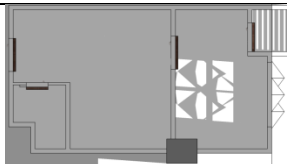

1. Bentuk lipatan efisien terhadap pergerakan sendi tungkai kinetik
2. Bentuk artistik
3. Persentase cukup besar

Kekurangan :

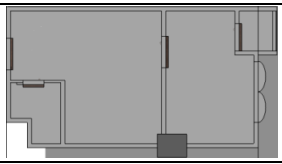
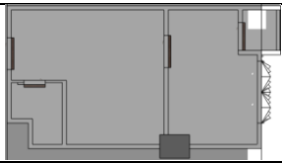
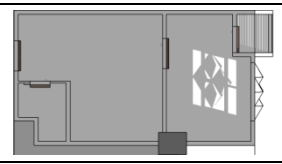



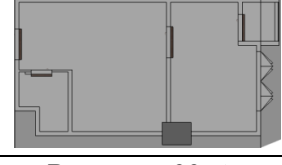
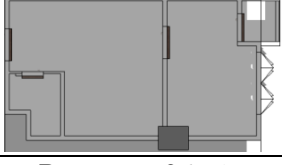
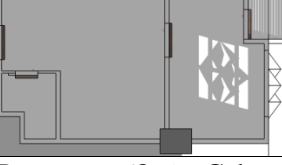
1. Bentuk monoton

Tabel 4. 10 Bentuk variasi pembayangan dan persentase bukaan bentuk *shading* persegi model 2 menghadap arah barat.

Persentase Bukaan	Penyinaran Bulan 19 Juni	Penyinaran Bulan 15 September	Penyinaran Bulan 18 Desember
30 %			
Persentase	Bayangan 69 % , Cahaya 31 %	Bayangan 67 % , Cahaya 33 %	Bayangan 68 % , Cahaya 32 %

55 %			
<b>Persentase</b>	Bayangan 66 % , Cahaya 34 %	Bayangan 64 % , Cahaya 36 %	Bayangan 65 % , Cahaya 35 %
75 %			
<b>Persentase</b>	Bayangan 63 % , Cahaya 37 %	Bayangan 61 % , Cahaya 39 %	Bayangan 62 % , Cahaya 38 %

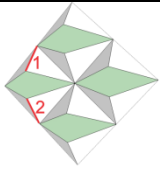
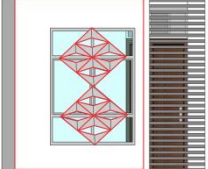
Tabel 4. 11 Bentuk variasi pembayangan dan persentase bukaan bentuk *shading* persegi model 2 menghadap arah selatan

<b>Persentase Bukaan</b>	<b>Penyinaran Bulan 19 Juni</b>	<b>Penyinaran Bulan 15 September</b>	<b>Penyinaran Bulan 18 Desember</b>
30 %			
<b>Persentase</b>	Bayangan 99 % , Cahaya 1 %	Bayangan 98 % , Cahaya 2 %	Bayangan 71 % , Cahaya 29%
55 %			
<b>Persentase</b>	Bayangan 99 % , Cahaya 1 %	Bayangan 97 % , Cahaya 3 %	Bayangan 69 % , Cahaya 31%
75 %			
<b>Persentase</b>	Bayangan 99 % , Cahaya 1 %	Bayangan 96 % , Cahaya 4 %	Bayangan 68 % , Cahaya 32 %

Persentase bukaan cukup besar akibat bidang *shading* yang tidak menutupi seluruh bidang bukaan jendela. Persentase yang mendekati kenyamanan visual pada model *sun shading* bentuk persegi model 2 berada pada bukaan 30% dengan nilai persentase bayangan 69 % cahaya 31 % untuk penyinaran bulan 19 Juni, bayangan 67 % cahaya 33 % untuk penyinaran bulan 15 September dan bayangan 68 % cahaya 32 % untuk penyinaran bulan 18 Desember.

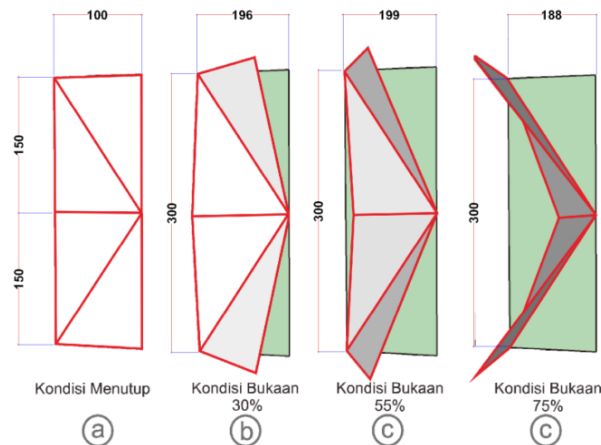
Kenyamanan visual untuk orientasi menghadap selatan berada pada bukaan 55% pada bulan 18 Desember dengan nilai persentase bayangan 69 % cahaya 31 %.

Tabel 4. 12 Evaluasi bentuk *shading* persegi model 2

No.	Parameter	Testing (Evaluasi)	Kesimpulan
1.	Persentase kenyamanan visual berkisar 30%	Pada bukaan 30 % untuk orientasi barat Pada bukaan 55 % untuk orientasi selatan	Kriteria tercapai
2.	Jumlah tungkai seminimal mungkin	 2 tungkai penggerak	Kriteria tercapai
3.	Integrasi bentuk geometris desain <i>sun shading</i> dengan fasad apartemen Metropolis.	 Bentuk dasar tidak memiliki kemiripan bentuk dengan fasad apartemen	Kriteria tidak tercapai

### 3. Bentuk *Sun Shading* Persegi 3

Bentuk *sun shading* persegi model 3 tersusun dari 2 bentuk dasar persegi. Masing–masing tungkai penggerak terletak pada tungkai horizontal. Model penyusunan 2 bentuk dasar menjadi satu untuk menghasilkan bentuk yang efisiensi dalam menutupi bidang *shading* sehingga tidak ada sisa celah yang dapat dilalui cahaya matahari.



Gambar 4. 23 Bentuk dasar *shading* persegi model 3



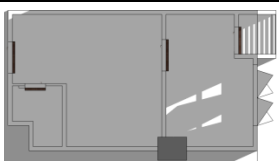
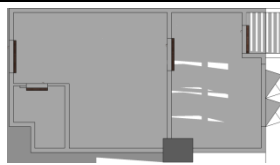

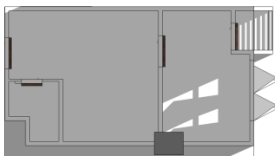
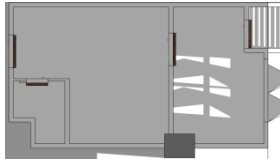




Kelebihan :

1. Bentuk lipatan efisien terhadap pergerakan sendi tungkai kinetik
2. Persentase cukup besar

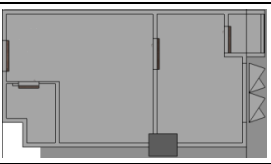
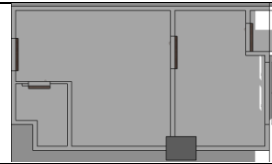

Kekurangan :

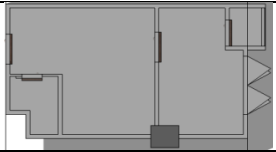
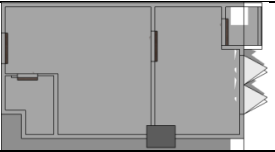
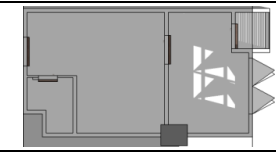
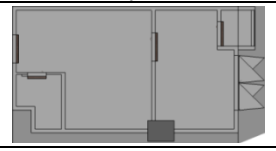
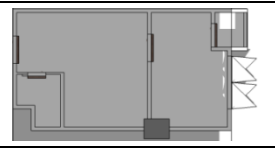
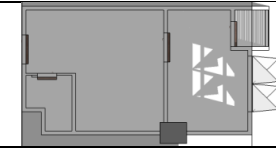
1. Bentuk monoton

Tabel 4. 13 Bentuk variasi pembayangan dan persentase bukaan bentuk *shading* persegi model 3 menghadap arah barat.

Persentase Bukaan	Penyinaran Bulan 19 Juni	Penyinaran Bulan 15 September	Penyinaran Bulan 18 Desember
30 %			
Persentase	Bayangan 80 % , Cahaya 20 %	Bayangan 81 % , Cahaya 19 %	Bayangan 79 % , Cahaya 21 %
55 %			
Persentase	Bayangan 68 % , Cahaya 32 %	Bayangan 67 % , Cahaya 33 %	Bayangan 69 % , Cahaya 31 %
75 %			
Persentase	Bayangan 61 % , Cahaya 39 %	Bayangan 62 % , Cahaya 38 %	Bayangan 63 % , Cahaya 37 %

Tabel 4. 14 Bentuk variasi pembayangan dan persentase bukaan bentuk *shading* persegi model 3 menghadap arah selatan

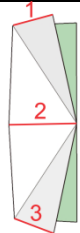
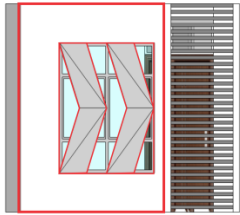
Persentase Bukaan	Penyinaran Bulan 19 Juni	Penyinaran Bulan 15 September	Penyinaran Bulan 18 Desember
30 %			
Persentase	Bayangan 99 % , Cahaya 1 %	Bayangan 96 % , Cahaya 4 %	Bayangan 70 % , Cahaya 30 %

55 %			
<b>Persentase</b>	Bayangan 99 % , Cahaya 1 %	Bayangan 97 % , Cahaya 3 %	Bayangan 68 % , Cahaya 32%
75 %			
<b>Persentase</b>	Bayangan 99 % , Cahaya 1 %	Bayangan 95 % , Cahaya 5 %	Bayangan 66 % , Cahaya 34 %

Peletakkan bidang *shading* menutupi seluruh bidang bukaan jendela. Persentase yang mendekati kenyamanan visual pada model *sun shading* bentuk persegi model 3 berada pada bukaan 55% dengan nilai persentase bayangan 68 % cahaya 32 % untuk penyinaran bulan 19 Juni, bayangan 67 % cahaya 33 % untuk penyinaran bulan 15 September dan bayangan 69 % cahaya 31 % untuk penyinaran bulan 18 Desember. Sistem kinetik terdiri atas bidang *shading* persegi panjang dengan tungkai lebih panjang dari model persegi sebelumnya.

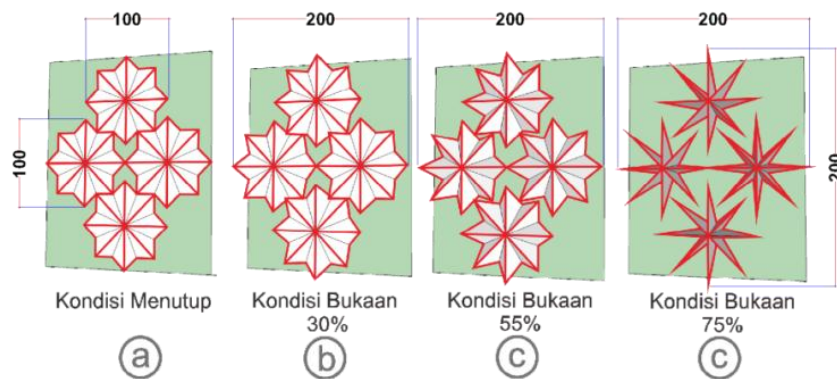
Kenyamanan visual untuk orientasi menghadap selatan berada pada bukaan 30 % pada bulan 18 Desember dengan nilai persentase bayangan 70 % cahaya 30 %.

Tabel 4. 15 Evaluasi bentuk *shading* persegi model 3

No.	Parameter	Testing (Evaluasi)	Kesimpulan
1.	Persentase kenyamanan visual berkisar 30%	Pada bukaan 55 % untuk orientasi barat Pada bukaan 30 % untuk orientasi selatan	Kriteria tercapai
2.	Jumlah tungkai seminimal mungkin	 3 tungkai penggerak	Kriteria tercapai
3.	Kesamaan bentuk geometris antara desain <i>sun shading</i> dengan fasad apartemen Metropolis.	 Bentuk dasar memiliki kemiripan bentuk dengan fasad apartemen	Kriteria tercapai

#### 4. Bentuk *Sun Shading* Persegi 4

Bentuk *sun shading* persegi model 4 tersusun dari penggabungan 2 bentuk dasar persegi. Model salah satu bentuk dasar *shading* mengalami rotasi lalu di gabungkan dengan bentuk dasar. Masing–masing tungkai penggerak terletak pada tiap tungkai di tengah bidang.



Gambar 4. 24 Bentuk dasar *shading* persegi model 4

Kelebihan :

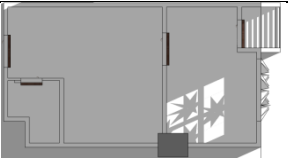
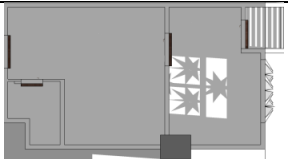

1. Bentuk artistik

Kekurangan :

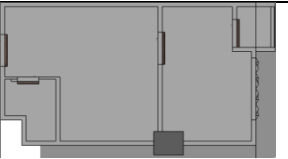
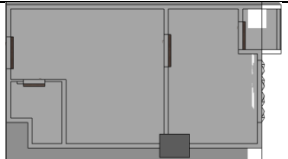
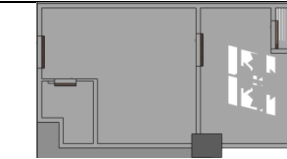
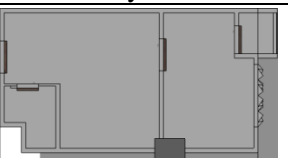


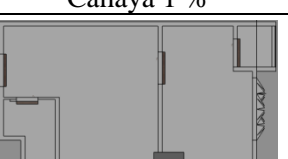

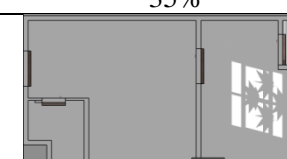
1. Pergerakan sendi tungkai kinetik yang rumit terhadap lipatan *shading*
2. Sistem kerja kinetik rumit
3. Banyaknya sisa bidang yang tidak tertutupi

Tabel 4. 16 Bentuk variasi pembayangan dan persentase bukaan bentuk *shading* persegi model 4 menghadap arah barat.

Persentase Bukaan	Penyinaran Bulan 19 Juni	Penyinaran Bulan 15 September	Penyinaran Bulan 18 Desember
30 %			
Persentase	Bayangan 70 % , Cahaya 30 %	Bayangan 69 % , Cahaya 31 %	Bayangan 68 % , Cahaya 32 %
55 %			
Persentase	Bayangan 67 % , Cahaya 33%	Bayangan 66 % , Cahaya 34 %	Bayangan 65 % , Cahaya 35 %

75 %			
<b>Persentase</b>	Bayangan 64 % , Cahaya 36 %	Bayangan 63 % , Cahaya 37 %	Bayangan 62 % , Cahaya 38 %

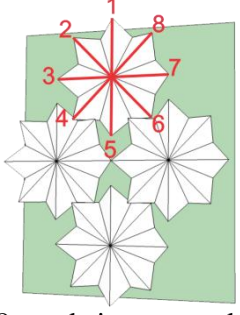
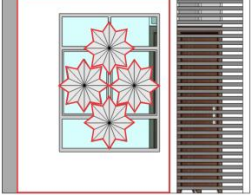
Tabel 4. 17 Bentuk variasi pembayangan dan persentase bukaan bentuk *shading* persegi model 4 menghadap arah selatan

<b>Persentase Bukaan</b>	<b>Penyinaran Bulan 19 Juni</b>	<b>Penyinaran Bulan 15 September</b>	<b>Penyinaran Bulan 18 Desember</b>
30 %			
<b>Persentase</b>	Bayangan 99 % , Cahaya 1 %	Bayangan 91 % , Cahaya 9 %	Bayangan 68 % , Cahaya 32%
55 %			
<b>Persentase</b>	Bayangan 99 % , Cahaya 1 %	Bayangan 91 % , Cahaya 9 %	Bayangan 66 % , Cahaya 35%
75 %			
<b>Persentase</b>	Bayangan 99 % , Cahaya 1 %	Bayangan 90 % , Cahaya 10 %	Bayangan 62 % , Cahaya 38 %

Posisi *shading* mirip dengan model *sun shading* persegi 4 dimana persentase celah pada posisi jendela cukup besar akibat bidang *shading* yang tidak menutupi seluruh bidang bukaan jendela. Persentase yang mendekati kenyamanan visual pada model *sun shading* bentuk persegi berada pada bukaan 30% dengan nilai persentase bayangan 70 % cahaya 30 % untuk penyinaran bulan 19 Juni, bayangan 69 % cahaya 31 % untuk penyinaran bulan 15 September dan bayangan bayangan 68 % cahaya 32 % untuk penyinaran bulan 18 Desember.

Kenyamanan visual untuk orientasi menghadap selatan berada pada bukaan 30 % pada bulan 18 Desember dengan nilai persentase bayangan 68 % cahaya 32 %.

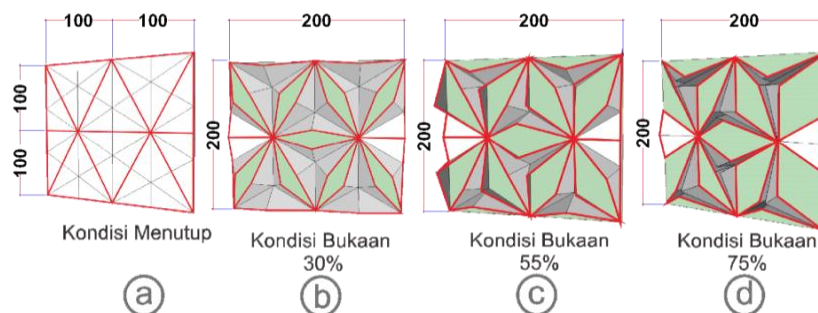
Tabel 4. 18 Evaluasi bentuk *shading* persegi model 4

No.	Parameter	Testing (Evaluasi)	Kesimpulan
1.	Persentase kenyamanan visual berkisar 30%	Pada bukaan 30 % untuk orientasi barat Pada bukaan 30 % untuk orientasi selatan	Kriteria tercapai
2.	Jumlah tungkai seminimal mungkin	 8 tungkai penggerak	Kriteria tidak tercapai
3.	Integrasi bentuk geometris desain <i>sun shading</i> dengan fasad apartemen Metropolis.	 Bentuk dasar tidak memiliki kemiripan bentuk dengan fasad apartemen	Kriteria tidak tercapai

#### 5. Bentuk *Sun Shading* Segitiga

Bentuk *sun shading* Segitiga tersusun dari bentuk pengulangan bentuk dasar segitiga dengan modifikasi pengulangan untuk menghasilkan bentuk yang efisiensi dalam menutupi bidang *shading* sehingga tidak ada sisa celah yang dapat dilalui cahaya matahari.

Bentuk ini terdiri dari penggabungan antara model segitiga dan model segitiga yang dirotasi 180° sehingga menjadi bentuk bidang *shading* yang massif.



Gambar 4. 25 Bentuk dasar *shading* segitiga


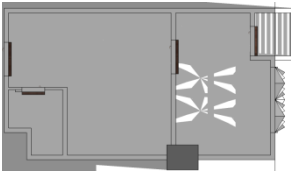


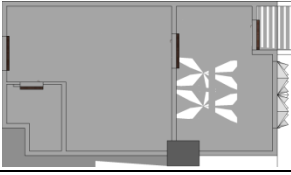




Kelebihan :

1. Persentase bukaan besar
2. Bentuk artistik

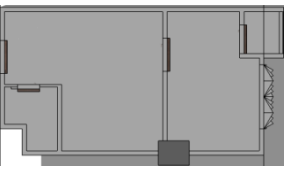
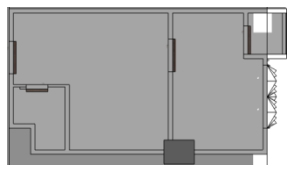

Kekurangan :

1. Pergerakan sendi tungkai kinetik yang rumit terhadap lipatan *shading*
2. Sistem kerja kinetik rumit

Tabel 4. 19 Bentuk variasi pembayangan dan persentase bukaan bentuk *shading* segitiga menghadap arah barat.

Persentase Bukaan	Penyinaran Bulan 19 Juni	Penyinaran Bulan 15 September	Penyinaran Bulan 18 Desember
30 %			
Persentase	Bayangan 75 % , Cahaya 25 %	Bayangan 74 % , Cahaya 26 %	Bayangan 76 % , Cahaya 24 %
55 %			
Persentase	Bayangan 70 % , Cahaya 30 %	Bayangan 69 % , Cahaya 31 %	Bayangan 71 % , Cahaya 29 %
75 %			
Persentase	Bayangan 66 % , Cahaya 34 %	Bayangan 65% , Cahaya 35 %	Bayangan 69 % , Cahaya 33 %

Tabel 4. 20 Bentuk variasi pembayangan dan persentase bukaan bentuk *shading* segitiga menghadap arah selatan

Persentase Bukaan	Penyinaran Bulan 19 Juni	Penyinaran Bulan 15 September	Penyinaran Bulan 18 Desember
30 %			
Persentase	Bayangan 99 % , Cahaya 1 %	Bayangan 98 % , Cahaya 2 %	Bayangan 71 % , Cahaya 29 %

55 %			
<b>Persentase</b>	Bayangan 99 % , Cahaya 1 %	Bayangan 97 % , Cahaya 3 %	Bayangan 68 % , Cahaya 32 %
75 %			
<b>Persentase</b>	Bayangan 99 % , Cahaya 1 %	Bayangan 97 % , Cahaya 3 %	Bayangan 65 % , Cahaya 35 %

Persentase yang mendekati kenyamanan visual pada model *sun shading* bentuk segitiga dengan orientasi menghadap barat terletak berada pada bukaan 55% dengan nilai persentase bayangan 70 % cahaya 30 % untuk penyinaran bulan 19 Juni, bayangan 69 % cahaya 31 % untuk penyinaran bulan 15 September dan bayangan 71 % cahaya 29 % untuk penyinaran bulan 18 Desember.

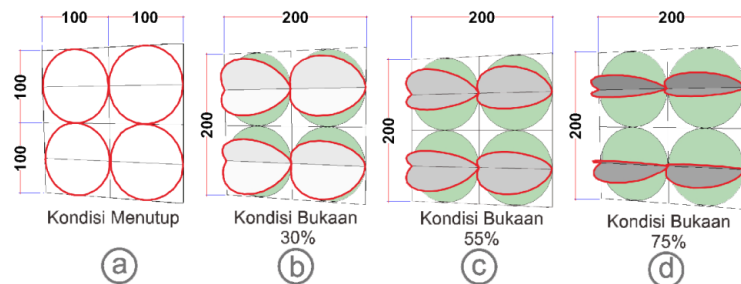
Kenyamanan visual untuk orientasi menghadap selatan berada pada bukaan 30% pada bulan 18 Desember dengan nilai persentase bayangan 71 % cahaya 29 %.

Tabel 4. 21 Evaluasi bentuk *shading* segitiga

No.	Parameter	Testing (Evaluasi)	Kesimpulan
1.	Persentase kenyamanan visual berkisar 30%	Pada bukaan 55 % untuk orientasi barat Pada bukaan 30 % untuk orientasi selatan	Kriteria tercapai
2.	Jumlah tungkai seminimal mungkin	 5 tungkai penggerak	Kriteria tercapai
3.	Integrasi bentuk geometris desain <i>sun shading</i> dengan fasad apartemen Metropolis.	 Bentuk dasar tidak memiliki kemiripan bentuk dengan fasad apartemen	Kriteria tidak tercapai

## 6. Bentuk *Sun Shading* Lingkaran

Bentuk *sun shading* lingkaran merupakan susunan bentuk persegi yang berada didalam bentuk persegi terdapat bentuk lingkaran yang menjadi bentukan *sun shading*. Namun pada bidang ini hanya bentukan sisi lingkaran yang dapat berfungsi secara kinetik, dan sisa bidang pada persegi tidak dapat berfungsi secara kinetik (statis).



Gambar 4. 26 Bentuk dasar *shading* lingkaran

Kelebihan :

1. Bentuk lipatan efisien terhadap pergerakan sendi tungkai kinetik
2. Bentuk artistik
3. Persentase cukup besar


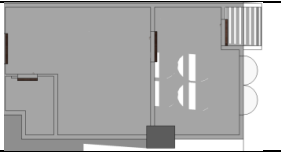
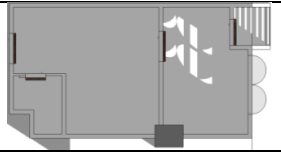
Kekurangan :

1. Bentuk monoton



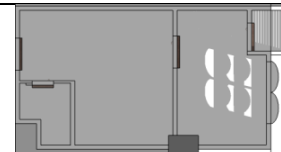
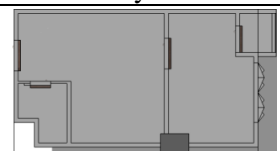
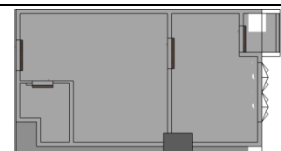
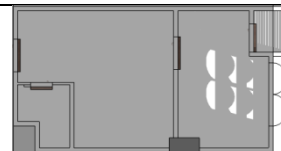



Tabel 4. 22 Bentuk variasi pembayangan dan persentase bukaan bentuk *shading* lingkaran menghadap arah barat.

Persentase Bukaan	Penyinaran Bulan 19 Juni	Penyinaran Bulan 15 September	Penyinaran Bulan 18 Desember
30 %			
Persentase	Bayangan 86 % , Cahaya 14 %	Bayangan 88 % , Cahaya 12 %	Bayangan 85 % , Cahaya 15 %
55 %			
Persentase	Bayangan 72 % , Cahaya 28 %	Bayangan 73 % , Cahaya 27 %	Bayangan 71 % , Cahaya 29 %



75 %			
<b>Persentase</b>	Bayangan 69 % , Cahaya 31 %	Bayangan 70 % , Cahaya 30 %	Bayangan 68 % , Cahaya 32 %

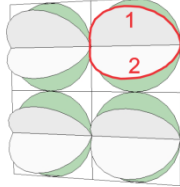
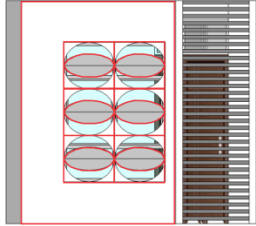
Tabel 4. 23 Bentuk variasi pembayangan dan persentase bukaan bentuk *shading* lingkaran menghadap arah selatan

<b>Persentase Bukaan</b>	<b>Penyinaran Bulan 19 Juni</b>	<b>Penyinaran Bulan 15 September</b>	<b>Penyinaran Bulan 18 Desember</b>
30 %			
<b>Persentase</b>	Bayangan 99 % , Cahaya 1 %	Bayangan 99 % , Cahaya 1 %	Bayangan 72 % , Cahaya 28 %
55 %			
<b>Persentase</b>	Bayangan 99 % , Cahaya 1 %	Bayangan 98 % , Cahaya 2 %	Bayangan 69 % , Cahaya 31 %
75 %			
<b>Persentase</b>	Bayangan 99 % , Cahaya 1 %	Bayangan 97 % , Cahaya 3 %	Bayangan 66 % , Cahaya 34 %

Peletakkan bidang *shading* menutupi bidang bukaan jendela. Persentase yang mendekati kenyamanan visual pada model *sun shading* bentuk lingkaran berada pada bukaan 75% dengan nilai persentase bayangan bayangan 69 % cahaya 31 % untuk penyinaran bulan 19 Juni, bayangan 70 % cahaya 30 % untuk penyinaran bulan 15 September dan bayangan 68 % cahaya 32 % untuk penyinaran bulan 18 Desember.

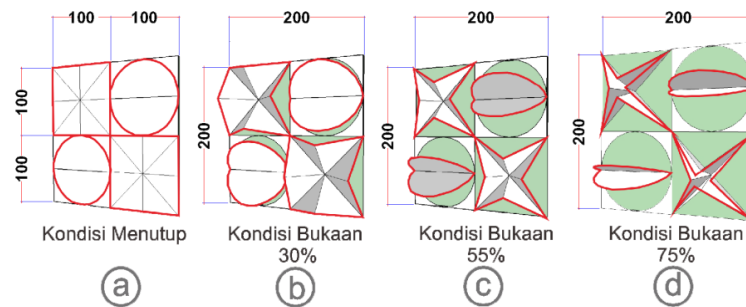
Kenyamanan visual untuk orientasi menghadap selatan berada pada bukaan 55% pada bulan 18 Desember dengan nilai persentase bayangan 69 % cahaya 31 %.

Tabel 4. 24 Evaluasi bentuk *shading* lingkaran

No.	Parameter	Testing (Evaluasi)	Kesimpulan
1.	Persentase kenyamanan visual berkisar 30%	Pada bukaan 75 % untuk orientasi barat Pada bukaan 55 % untuk orientasi selatan	Kriteria tercapai
2.	Jumlah tungkai seminimal mungkin	 2 tungkai penggerak	Kriteria tercapai
3.	Integrasi bentuk geometris desain <i>sun shading</i> dengan fasad apartemen Metropolis.	 Bentuk dasar tidak memiliki kemiripan bentuk dengan fasad apartemen	Kriteria tidak tercapai

Tahap selanjutnya mengevaluasi hasil konfigurasi penggabungan bentuk dasar berdasarkan kelebihan dan kekurangan yang dimiliki oleh bentukan *sun shading*.

7. Konfigurasi 1 : penggabungan bentuk *shading* persegi dan *shading* lingkaran



Gambar 4. 27 Bentuk kondisi bukaan bentuk dasar *shading* persegi dan bentuk dasar *shading* lingkaran





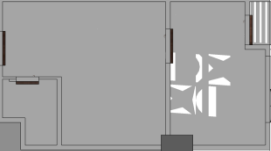


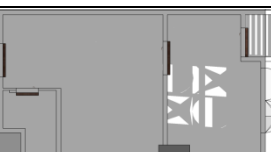

Kelebihan :

1. Bentuk lipatan efisien terhadap pergerakan sendi tungkai kinetik
2. Persentase bukaan cukup besar


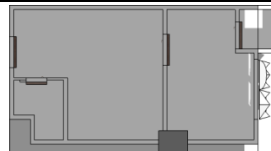


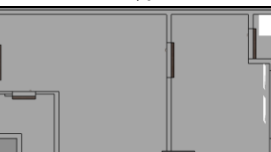

Kekurangan :

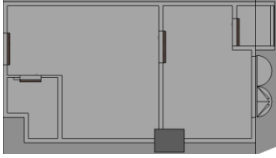
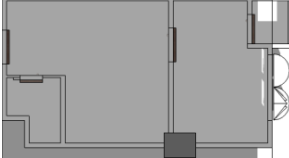

1. Bentuk rupa penggabungan yang tidak menyatu

Tabel 4. 25 Bentuk variasi pembayangan dan persentase bukaan bentuk penggabungan *shading* persegi dan bentuk dasar *shading* lingkaran menghadap arah barat.

Persentase Bukaan	Penyinaran Bulan 19 Juni	Penyinaran Bulan 15 September	Penyinaran Bulan 18 Desember
30 %			
Persentase	Bayangan 77 % , Cahaya 23 %	Bayangan 74 % , Cahaya 26 %	Bayangan 76 % , Cahaya 24 %
55 %			
Persentase	Bayangan 67 % , Cahaya 33 %	Bayangan 68 % , Cahaya 32 %	Bayangan 66 % , Cahaya 34 %
75 %			
Persentase	Bayangan 62 % , Cahaya 38 %	Bayangan 63 % , Cahaya 37 %	Bayangan 61 % , Cahaya 39 %

Tabel 4. 26 Bentuk variasi pembayangan dan persentase bukaan bentuk penggabungan *shading* persegi dan bentuk dasar *shading* lingkaran menghadap arah selatan

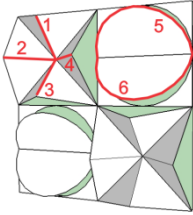
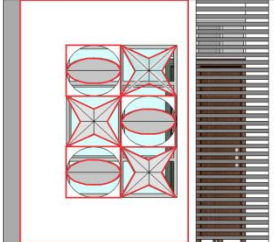
Persentase Bukaan	Penyinaran Bulan 19 Juni	Penyinaran Bulan 15 September	Penyinaran Bulan 18 Desember
30 %			
Persentase	Bayangan 99 % , Cahaya 1 %	Bayangan 97 % , Cahaya 3 %	Bayangan 64 % , Cahaya 26 %
55 %			
Persentase	Bayangan 99 % , Cahaya 1 %	Bayangan 96 % , Cahaya 4 %	Bayangan 62 % , Cahaya 28 %

75 %			
<b>Persentase</b>	Bayangan 99 % , Cahaya 1 %	Bayangan 95 % , Cahaya 5 %	Bayangan 70 % , Cahaya 30 %

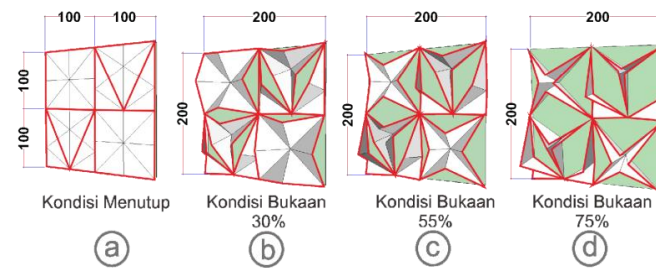
Persentase yang mendekati kenyamanan visual pada model *sun shading* bentuk penggabungan *shading* persegi dan bentuk dasar *shading* lingkaran berada pada bukaan 55% dengan nilai persentase bayangan 67 % cahaya 33 % untuk penyinaran bulan 19 Juni, bayangan 68 % cahaya 32 % untuk penyinaran bulan 15 September dan bayangan 66 % cahaya 34 % untuk penyinaran bulan 18 Desember.

Kenyamanan visual untuk orientasi menghadap selatan berada pada bukaan 75% pada bulan 18 Desember dengan nilai persentase bayangan 70 % cahaya 30 %.

Tabel 4. 27 Evaluasi bentuk penggabungan *shading* persegi dan bentuk dasar *shading* lingkaran

No.	Parameter	Testing (Evaluasi)	Kesimpulan
1.	Persentase kenyamanan visual berkisar 30%	Pada bukaan 55% untuk orientasi barat Pada bukaan 75 % untuk orientasi selatan	Kriteria tercapai
2.	Jumlah tungkai seminimal mungkin	 <p>6 tungkai penggerak</p>	Kriteria tidak tercapai
3.	Integrasi bentuk geometris desain <i>sun shading</i> dengan fasad apartemen Metropolis.	 <p>Bentuk dasar tidak memiliki kemiripan bentuk dengan fasad apartemen</p>	Kriteria tidak tercapai

8. Konfigurasi 2 : penggabungan bentuk *shading* persegi dan *shading* segitiga



Gambar 4. 28 Bentuk kondisi bukaan bentuk dasar *shading* persegi dan bentuk dasar *shading* segitiga

Kelebihan :

1. Bentuk rupa penggabungan yang menyatu
2. Bentuk artistik
3. Persentase bukaan besar

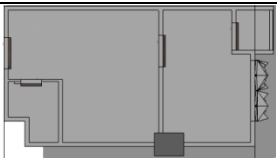
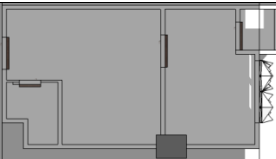
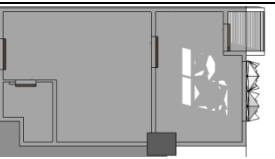
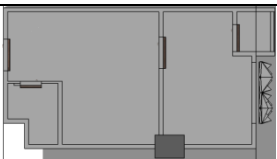
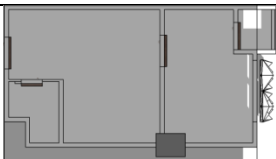


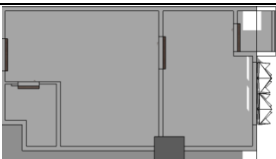
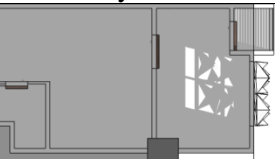
Kekurangan :

1. Pergerakan sendi tungkai kinetik yang rumit terhadap lipatan *shading*

Tabel 4. 28 Bentuk variasi pembayangan dan persentase bukaan bentuk penggabungan *shading* persegi dan bentuk dasar *shading* segitiga menghadap arah barat.

Persentase Bukaan	Penyinaran Bulan 19 Juni	Penyinaran Bulan 15 September	Penyinaran Bulan 18 Desember
30 %			
Persentase	Bayangan 72 % , Cahaya 28 %	Bayangan 73 % , Cahaya 27 %	Bayangan 75 % , Cahaya 25 %
55 %			
Persentase	Bayangan 66 % , Cahaya 34 %	Bayangan 67 % , Cahaya 33 %	Bayangan 69 % , Cahaya 31 %
75 %			
Persentase	Bayangan 63 % , Cahaya 37 %	Bayangan 62 % , Cahaya 38 %	Bayangan 64 % , Cahaya 36 %

Tabel 4. 29 Bentuk variasi pembayangan dan persentase bukaan bentuk penggabungan *shading* persegi dan bentuk dasar *shading* segitiga menghadap arah selatan

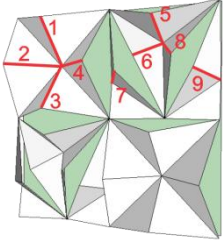
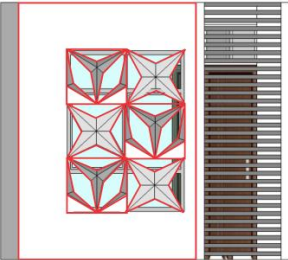
Persentase Bukaan	Penyinaran Bulan 19 Juni	Penyinaran Bulan 15 September	Penyinaran Bulan 18 Desember
30 %			
Persentase	Bayangan 99 % , Cahaya 1 %	Bayangan 97 % , Cahaya 3 %	Bayangan 75 % , Cahaya 25 %
55 %			
Persentase	Bayangan 99 % , Cahaya 1 %	Bayangan 96 % , Cahaya 4 %	Bayangan 73 % , Cahaya 27 %
75 %			
Persentase	Bayangan 99 % , Cahaya 1 %	Bayangan 95 % , Cahaya 5 %	Bayangan 71 % , Cahaya 29 %

Persentase yang mendekati kenyamanan visual pada model *sun shading* penggabungan *shading* persegi dan bentuk dasar *shading* segitiga berada pada bukaan 55% dengan nilai persentase bayangan bayangan 66 % cahaya 34 % untuk penyinaran bulan 19 Juni, bayangan 67 % cahaya 33 % untuk penyinaran bulan 15 September dan bayangan 69 % cahaya 31 % untuk penyinaran bulan 18 Desember.

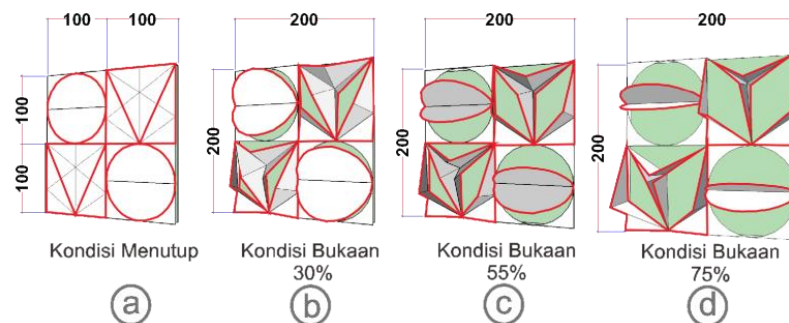
Kenyamanan visual untuk orientasi menghadap selatan berada pada bukaan 75% pada bulan 18 Desember dengan nilai persentase bayangan 71 % cahaya 29 %.

Tabel 4. 30 Evaluasi bentuk penggabungan *shading* persegi dan bentuk dasar *shading* segitiga

No.	Parameter	Testing (Evaluasi)	Kesimpulan
1.	Persentase kenyamanan visual berkisar 30%	Pada bukaan 55 % untuk orientasi barat Pada bukaan 75 % untuk orientasi selatan	Kriteria tercapai

2.	Jumlah tungkai seminimal mungkin	 <p>9 tungkai penggerak</p>	Kriteria tidak tercapai
3.	Integrasi bentuk geometris desain <i>sun shading</i> dengan fasad apartemen Metropolis.	 <p>Bentuk dasar tidak memiliki kemiripan bentuk dengan fasad apartemen</p>	Kriteria tidak tercapai

9. Konfigurasi 3 : penggabungan bentuk *shading* lingkaran dan *shading* segitiga



Gambar 4. 29 Bentuk kondisi bukaan bentuk dasar *shading* lingkaran dan bentuk dasar *shading* segitiga





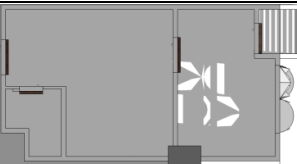


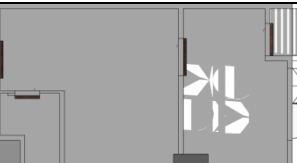

Kelebihan :

1. Bentuk lipatan efisien terhadap pergerakan sendi tungkai kinetik
2. Persentase bukaan cukup besar

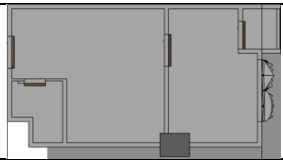
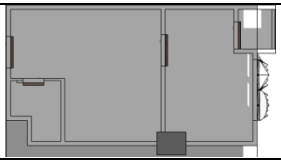
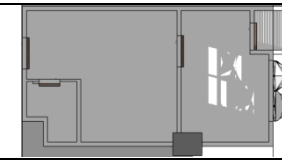


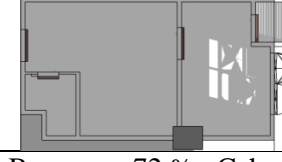
Kekurangan :

1. Bentuk rupa penggabungan yang tidak menyatu

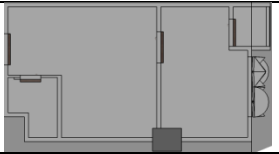
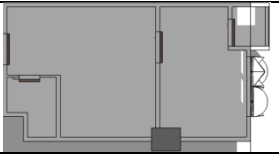
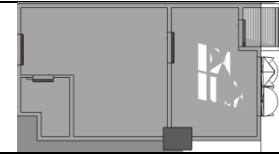
Tabel 4. 31 Bentuk variasi pembayangan dan persentase bukaan bentuk penggabungan *shading* lingkaran dan bentuk dasar *shading* segitiga menghadap arah barat.

Persentase Bukaan	Penyinaran Bulan 19 Juni	Penyinaran Bulan 15 September	Penyinaran Bulan 18 Desember
30 %			
Persentase	Bayangan 73 % , Cahaya 27 %	Bayangan 74 % , Cahaya 26 %	Bayangan 76 % , Cahaya 24 %
55 %			
Persentase	Bayangan 67 % , Cahaya 33 %	Bayangan 68 % , Cahaya 32 %	Bayangan 70 % , Cahaya 30 %
75 %			
Persentase	Bayangan 62 % , Cahaya 38 %	Bayangan 63 % , Cahaya 37 %	Bayangan 65 % , Cahaya 35 %

Tabel 4. 32 Bentuk variasi pembayangan dan persentase bukaan bentuk penggabungan *shading* lingkaran dan bentuk dasar *shading* segitiga menghadap arah selatan

Persentase Bukaan	Penyinaran Bulan 19 Juni	Penyinaran Bulan 15 September	Penyinaran Bulan 18 Desember
30 %			
Persentase	Bayangan 99 % , Cahaya 1 %	Bayangan 97 % , Cahaya 4 %	Bayangan 74 % , Cahaya 26 %
55 %			
Persentase	Bayangan 99 % , Cahaya 1 %	Bayangan 96 % , Cahaya 4 %	Bayangan 72 % , Cahaya 28 %

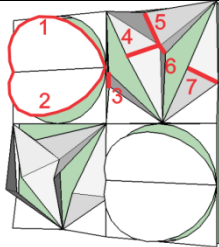
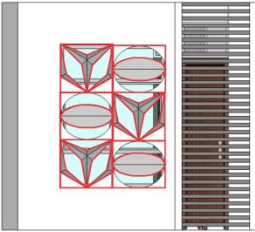


75 %			
<b>Persentase</b>	Bayangan 99 % , Cahaya 1 %	Bayangan 95 % , Cahaya 5 %	Bayangan 70 % , Cahaya 30 %

Persentase yang mendekati kenyamanan visual pada model *sun shading* penggabungan *shading* persegi dan bentuk dasar *shading* segitiga berada pada bukaan 55% dengan nilai persentase bayangan 67 cahaya 33 % untuk penyinaran bulan 19 Juni, bayangan 68 % cahaya 32 % untuk penyinaran bulan 15 September dan bayangan 70 % cahaya 30 % untuk penyinaran bulan 18 Desember.

Kenyamanan visual untuk orientasi menghadap selatan berada pada bukaan 75% pada bulan 18 Desember dengan nilai persentase bayangan 70 % cahaya 30%.

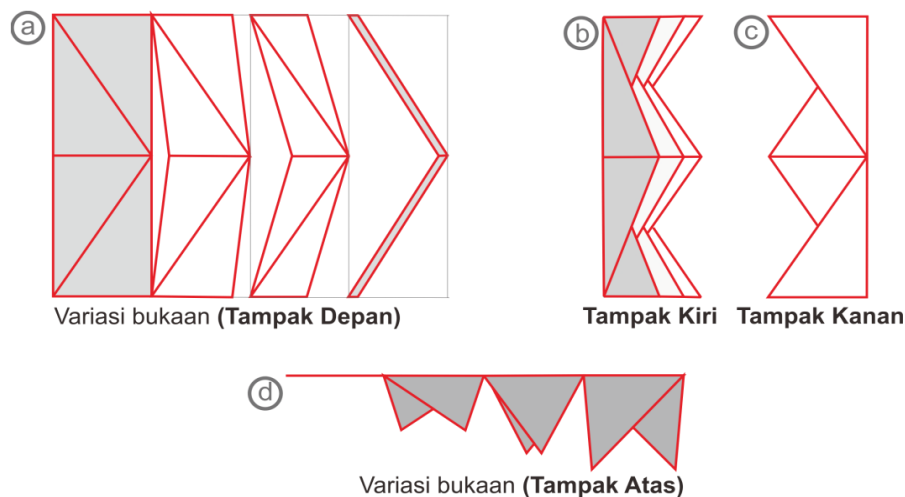
Tabel 4. 33 Evaluasi bentuk penggabungan *shading* lingkaran dan bentuk dasar *shading* segitiga

No.	Parameter	Testing (Evaluasi)	Kesimpulan
1.	Persentase kenyamanan visual berkisar 30%	Pada bukaan 55 % untuk orientasi barat Pada bukaan 75 % untuk orientasi selatan	Kriteria tercapai
2.	Jumlah tungkai seminimal mungkin	 7 tungkai penggerak	Kriteria tidak tercapai
3.	Integrasi bentuk geometris desain <i>sun shading</i> dengan fasad apartemen Metropolis.	 Bentuk dasar tidak memiliki kemiripan bentuk dengan fasad apartemen	Kriteria tidak tercapai

#### 4.6.4 Pemilihan Bentuk *Sun Shading* Kinetik

Berdasarkan evaluasi yang telah dilakukan pada bentukan lipatan geometris, maka bentukan *sun shading* kinetik yang terpilih untuk diaplikasikan pada fasad apartemen Metropolis tower B dan C adalah bentukan geometris *sun shading* persegi model 3, hal ini disebabkan karena :

1. *Sun shading kinetik sebagai solusi pemecahan masalah:* *Sun shading* model 3 dianggap mampu mengurangi persentase cahaya yang masuk ke dalam unit hunian apartemen Metropolis berdasarkan kondisi penyinaran matahari di kota Surabaya.
2. *Lipatan geometris pada bidang sun shading kinetik sebagai konsep efisiensi:* Bentuk lipatan *sun shading* model 3 dianggap mampu melakukan gerakan melipat dengan system kinetik yang efisien.
3. *Terintegrasi bentuk sun shading pada bentuk fasad apartemen Metropolis :* Bentuk terpilih memiliki kemiripan dan kesamaan bentuk geometris pada bidang fasad apartemen Metropolis.



Gambar 4. 30 Bentuk variasi bukaan *sun shading* persegi

Hasil rancangan ini nantinya akan diaplikasikan pada fasad apartemen Metropolis dengan adanya beberapa penyesuaian rancangan fasad yang baru yang disesuaikan dengan model *sun shading* yang terpilih. Eksplorasi tampilan fasad perlu dilakukan untuk menghasilkan hasil desain yang mampu berintegrasi dengan model *sun shading*.

#### 4.7 Konsep Integrasi *Sun Shading* Terhadap Bentuk Unit Hunian

Tahap ini menganalisa bentukan denah pada tiap tipe hunian yang berbeda pada apartemen Metropolis yang berfungsi untuk mencari permodelan tata ruang yang tepat berdasarkan peletakkan *sun shading* kinetik. Adapun yang menjadi objek kasus studi eksplorasi denah pada apartemen Metropolis adalah bagian tower B dan C, terutama pada sisi Timur dan Selatan.

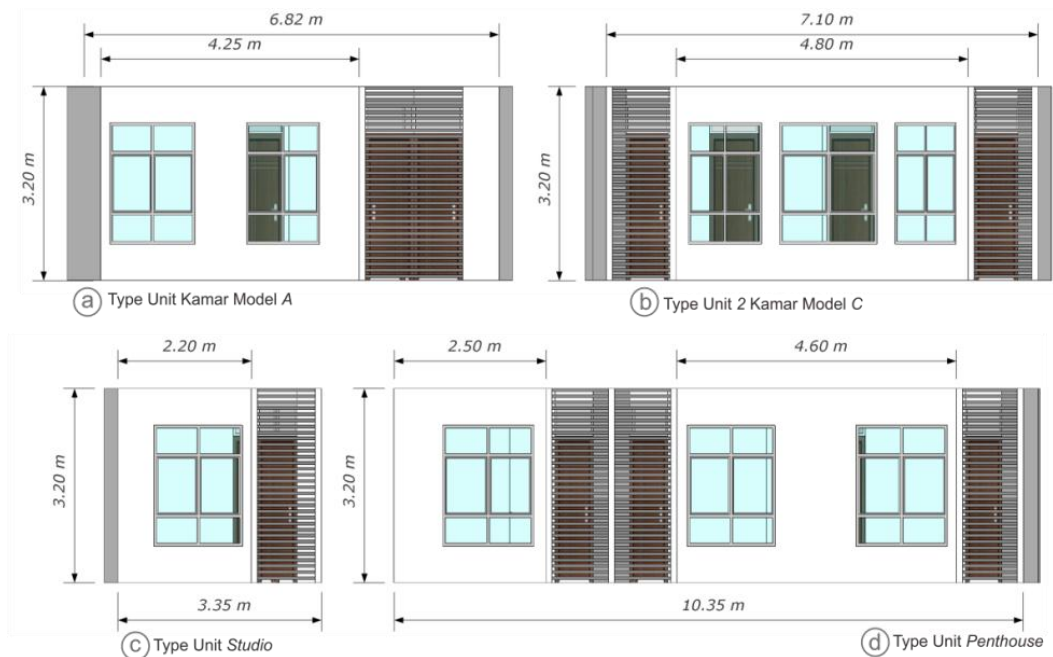


Gambar 4. 31 Lokasi objek kasus pada apartemen Metropolis

Hal ini disebabkan berdasarkan analisa pembayangan pada sub bab 4.5, pada sisi inilah yang sering menerima cahaya matahari secara langsung. Selain itu, pada tower C terdapat unit Penthouse sebab unit ini merupakan unit kelas mewah yang menjadi prioritas dalam merancang *sun shading* kinetik pada fasad.

##### 1. *Imaging* (Analisis)

Proses analisis berawal dari kondisi *type* hunian yang sudah ada pada apartemen Metropolis yang berfungsi sebagai tempat hunian vertikal. Fokus perancangan ini adalah perancangan *sun shading* pada fasad dengan adanya perubahan konfigurasi bentuk ruang serta material yang digunakan pada tipe unit hunian serta dengan mempertahankan jumlah dan besaran unit hunian yang sudah ada.



Gambar 4. 32 Tampak depan unit hunian apartemen Metropolis

Type hunian pada apartemen Metropolis terdiri atas 4 tipe hunian yang masing-masing memiliki konfigurasi dan susunan ruang yang berbeda. Fokus eksplorasi denah dilakukan pada material yang digunakan pada tata ruang tiap unit dengan tujuan untuk mempermudah sirkulasi cahaya matahari untuk mencapai bagian terdalam.

Hasil yang diharapkan pada tahap akhir adalah memberi alternatif desain denah serta peletakkan *sun shading* kinetik berdasarkan kelebihan yang dihasilkan pada hasil eksplorasi.

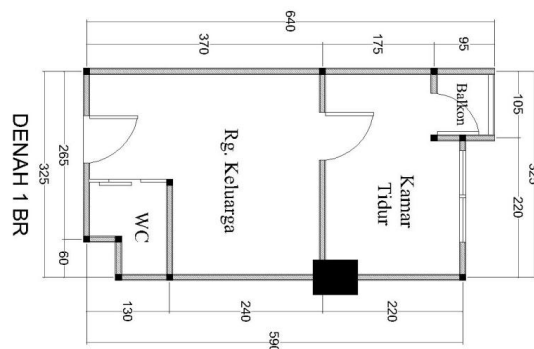
## 2. Presenting (Sintesis)

Sintesis merupakan tahap mensintesa proses desain denah type unit menjadi kondisi yang diinginkan oleh perancang. Adapun parameter yang akan dicapai pada tahap ini adalah pencapaian cahaya matahari ke dalam bangunan dengan kriteria rancangan elemen yang dapat mereduksi cahaya alami pada fasad apartemen Metropolis, yang bertujuan untuk mengatur besaran bukaan yang diinginkan penghuni.

Adapun dari kelima *type* unit hunian yang akan dieksplorasi hanya 4 unit yaitu *type* 1 kamar tidur, *type* 2 kamar tidur model A, *type* 2 kamar tidur model C, dan *Penthouse*.

a. *Type* 1 kamar tidur

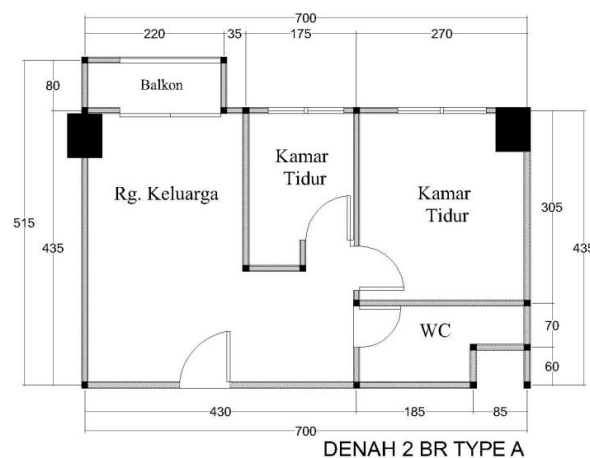
Unit ini merupakan unit hunian yang diperuntukan untuk penghuni dengan jumlah 1 hingga 2 orang. Pencapaian yang ingin dicapai pada desain unit hunian ini adalah agar mendapatkan dinding tengah yang fleksibel yang mempermudah pergerakan penghuni di dalam ruangan dan tidak memberi sempit.



Gambar 4. 33 Denah unit *type* 1 kamar tidur

b. *Type* 2 kamar tidur model A

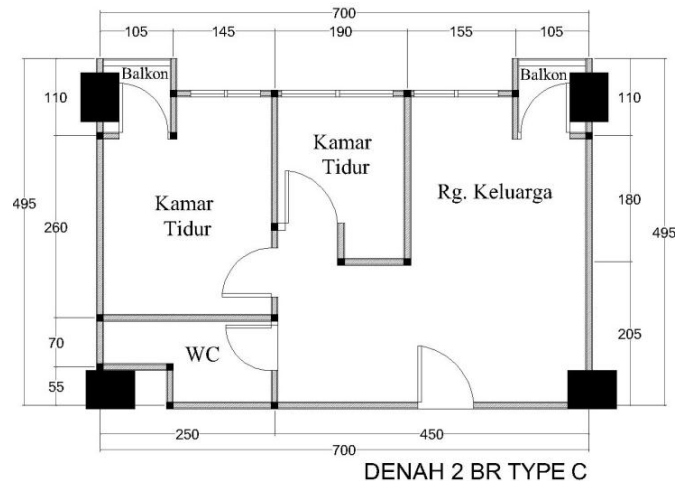
Model *type* unit hunian ini diperuntukan untuk penghuni dengan jumlah 2 hingga 4 orang. Konsep desain yang ingin dicapai adalah desain dinding yang semi transparan namun kokoh. Serta penggunaan material pada pintu yang mampu menyalurkan cahaya alami.



Gambar 4. 34 Denah unit *type* 2 kamar tidur model A

c. *Type 2 kamar tidur model C*

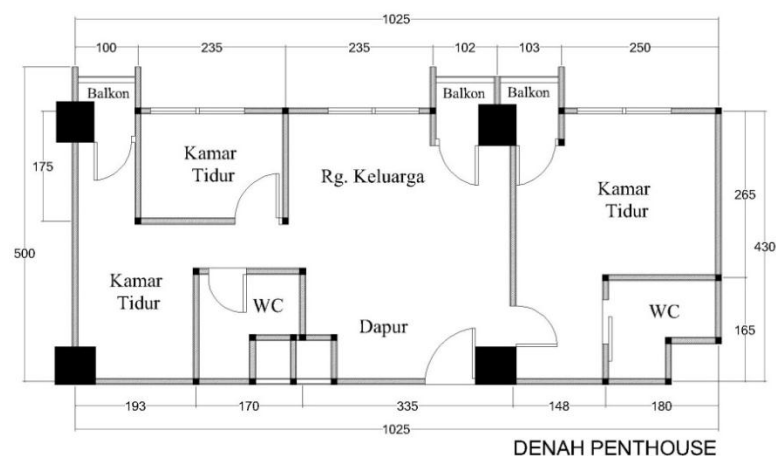
Model type unit hunian ini tidak jauh berbeda dengan desain type unit hunian 2 kamar tidur model A. Model unit ini diperuntukan untuk penghuni dengan jumlah 2 hingga 4 orang. Konsep desain yang ingin dicapai tetap sama yaitu desain dinding yang semi transparan namun kokoh.



Gambar 4. 35 Denah unit *type 2 kamar tidur model C*

d. *Type Penthouse*

Unit ini merupakan unit hunian mewah dengan kapasitas 3 kamar yang diperuntukan untuk penghuni dengan jumlah 3 hingga 5 orang. Pencapaian yang ingin dicapai pada desain unit hunian ini adalah desain dinding yang semi transparan namun kokoh.



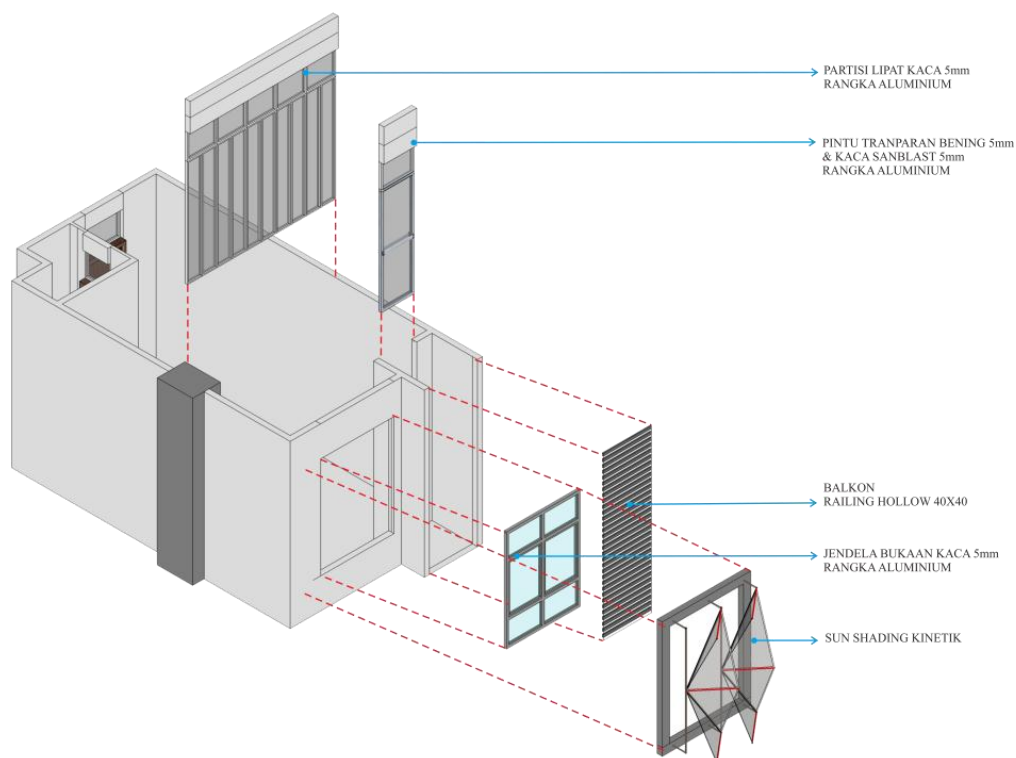
Gambar 4. 36 Denah unit *type penthouse*

### 3. *Testing* (Evaluasi)

#### 1. *Type 1* kamar tidur

##### Alternatif 1

Dinding tengah didesain dengan menggunakan partisi lipat dengan material kaca bening dengan frame aluminium, hal ini berfungsi untuk mempermudah sirkulasi penghuni serta mempermudah cahaya matahari masuk ke dalam bangunan. Kondisi balkon pada unit hunian tetap dipertahankan dengan model sebelumnya.

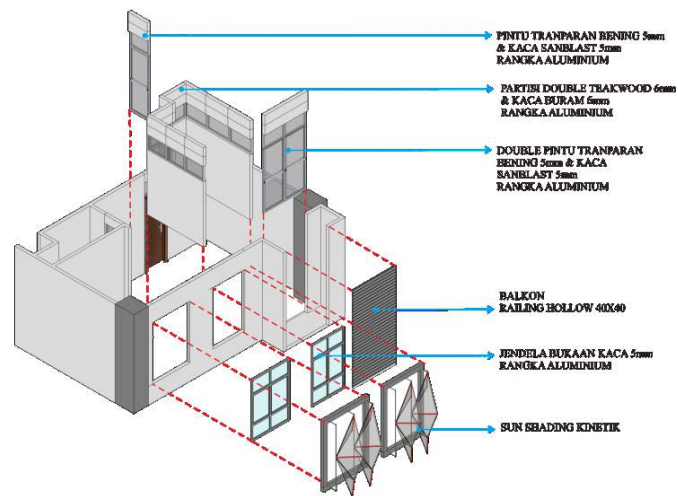


Gambar 4. 37 Hasil perubahan denah type 1 kamar tidur alternatif 1

#### 2. *Type 2* kamar tidur model A

##### Alternatif 1

Dinding pada kamar didesain dengan material semi transparan dengan bahan double teakwood dan kaca bening. Material pintu diganti dengan pintu kaca buram dengan frame aluminium. Pada desain balkon tetap mempertahankan desain yang sudah ada, dengan desain besi hollow yang menutupi seluruh permukaan balkon.

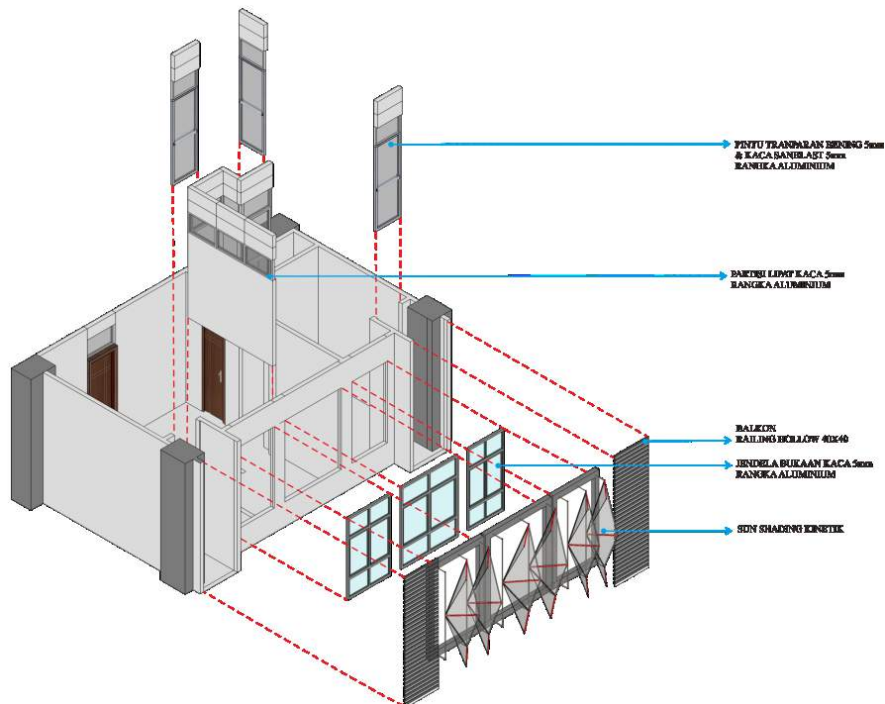


Gambar 4. 38 Hasil perubahan denah *type 2* kamar tidur model A alternatif 1

### 3. *Type 2* kamar tidur model C

#### Alternatif 1

Desain unit hunian sama dengan unit hunian 2 kamar model A dengan dengan material semi transparan dengan bahan double teakwood dan kaca bening. Serta penggunaan material pada pintu diganti dengan pintu kaca buram dengan frame aluminium. Pada desain balkon terdapat 2 unit dengan bentuk balkon yang sudah tanpa adanya perubahan sama sekali.



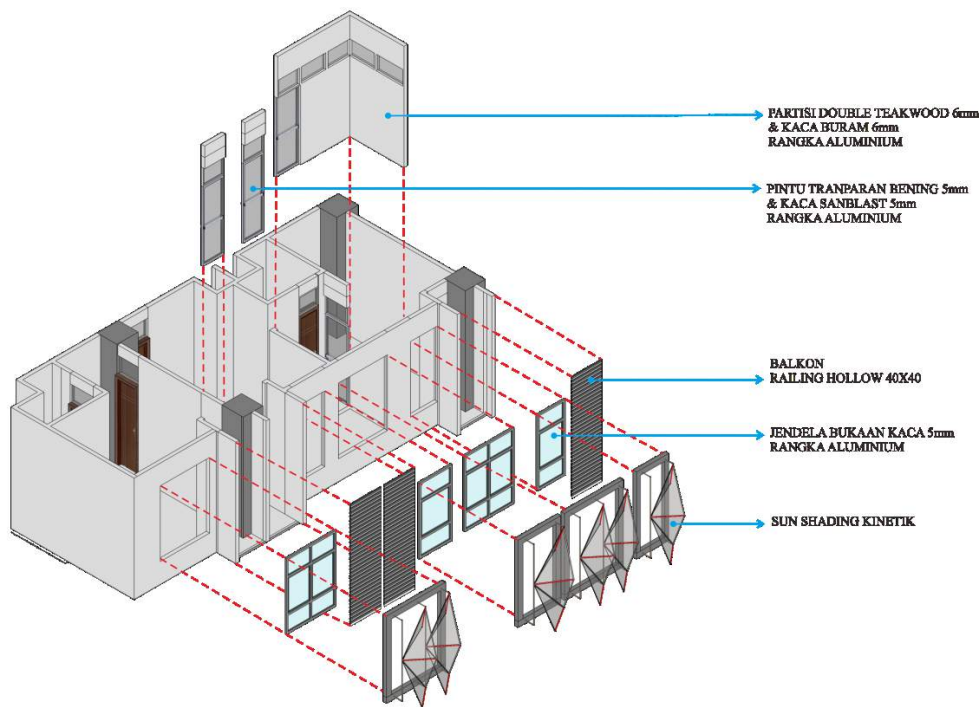
Gambar 4. 39 Hasil perubahan denah *type 2* kamar tidur model C alternatif 1



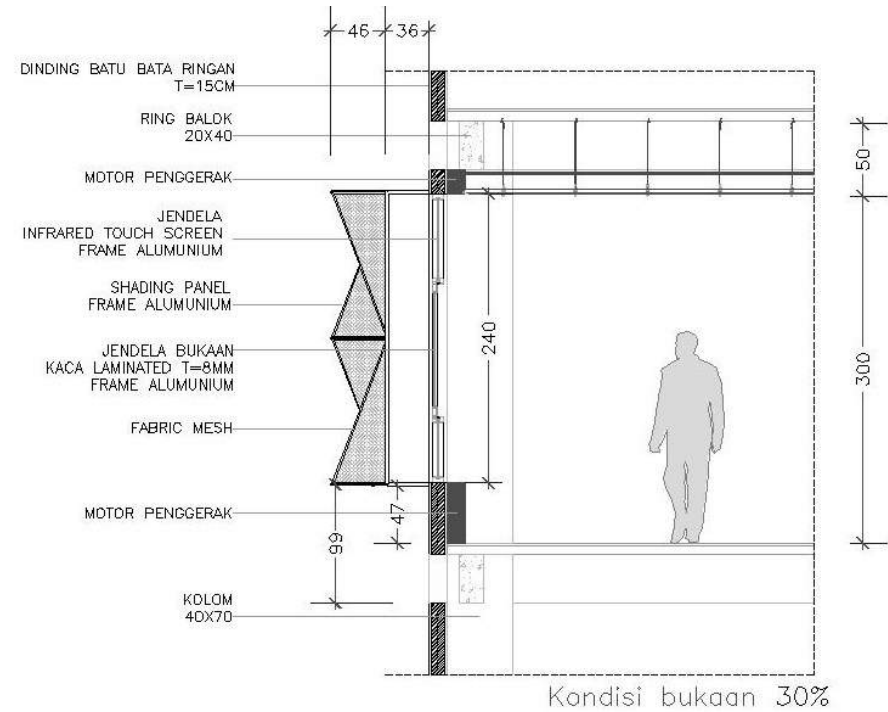
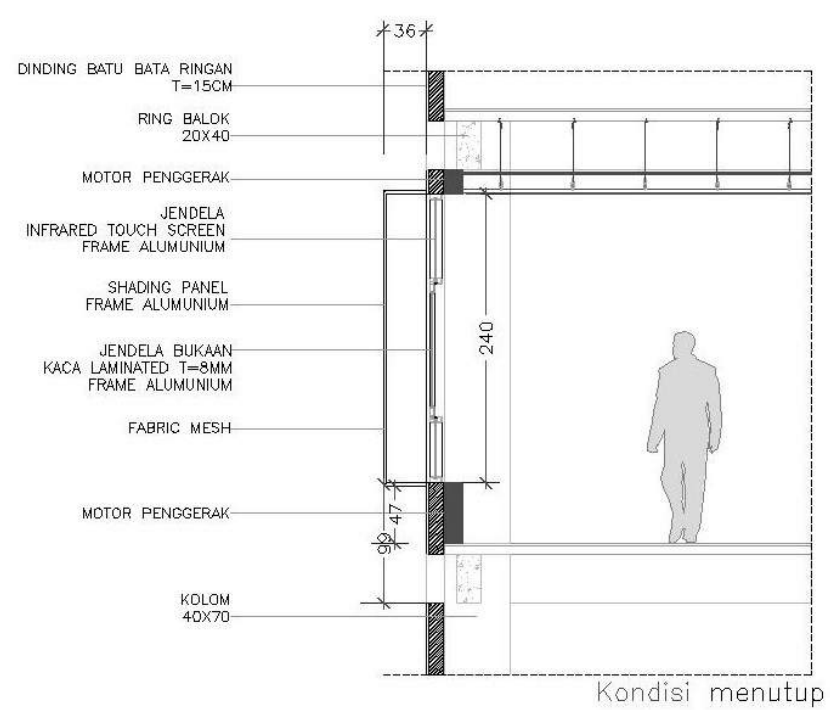
#### 4. *Type Penthouse*

##### Alternatif 1

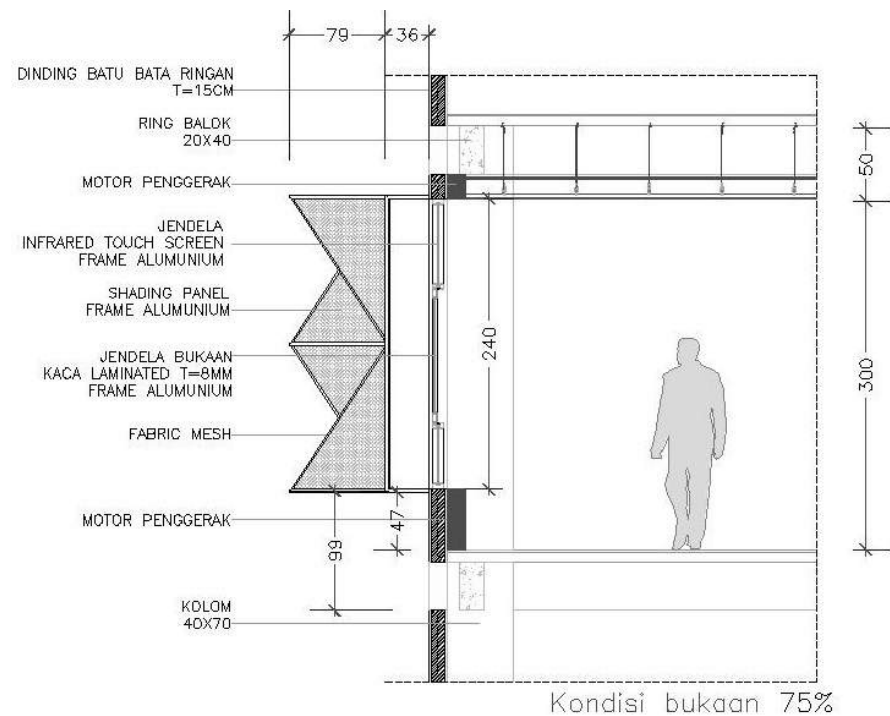
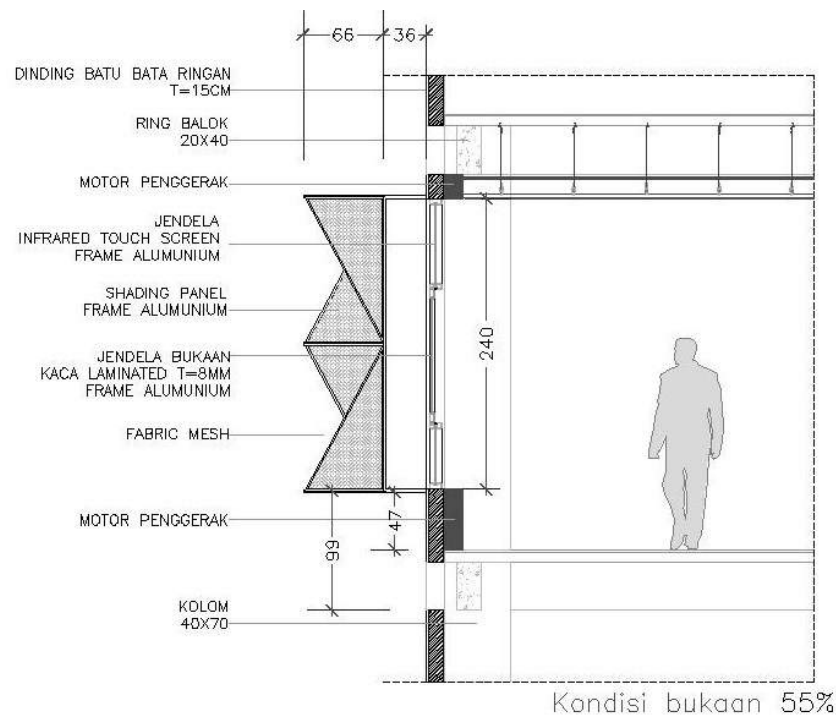
Desain unit ini dengan menggunakan dinding bahan double teakwood dan kaca bening pada unit kamar, namun pada unit kamar utama tetap menggunakan dinding masif. Serta pada pintu menggunakan material pada pintu diganti dengan pintu kaca buram dengan frame aluminium. Posisi salah satu kamar digeser untuk memberi celah bukaan jendela pada kamar sebelah kiri. Hal ini bertujuan untuk memberi sirkulasi cahaya matahari dan sirkulasi udara untuk memberikan efek cahaya alami dan penghawaan alami ke dalam kamar tidur. Bentuk desain balkon tetap mempertahankan bentuk balkon yang sudah ada pada kondisi sebelumnya.



Gambar 4. 40 Hasil perubahan denah *penthouse* alternatif 1



Gambar 4. 41 Gambar potongan mekanisme *sun shading* pada dinding fasad kondisi menutup dan menutup 30%



Gambar 4. 42 Gambar potongan mekanisme *sun shading* pada dinding fasad bukaan 55% dan 75%

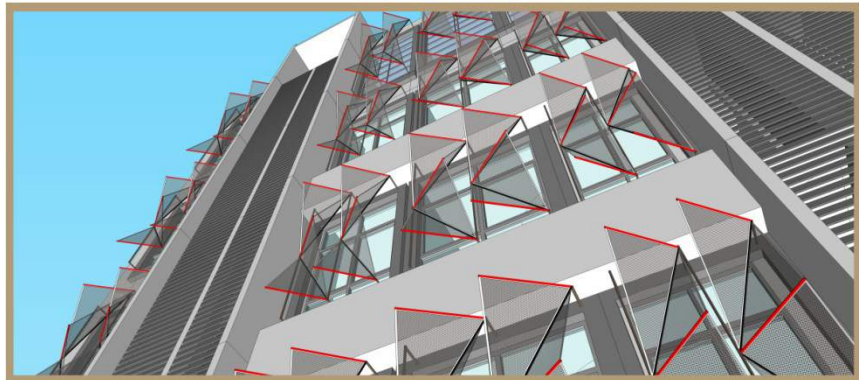
Pada gambar diatas, *sun shading* diletakkan pada setiap bukaan jendela yang berfungsi untuk mereduksi cahaya matahari yang berlebih. Peletakkan *sun shading* berada 80cm dari dinding fasad. Peletakkan *touchscreen* sebagai bidang sensorik terletak pada kaca jendela mati pada posisi bawah, yang berfungsi untuk menggerakkan posisi *sun shading* serta mempermudah gerak sentuh terhadap bidang *touchscreen*.



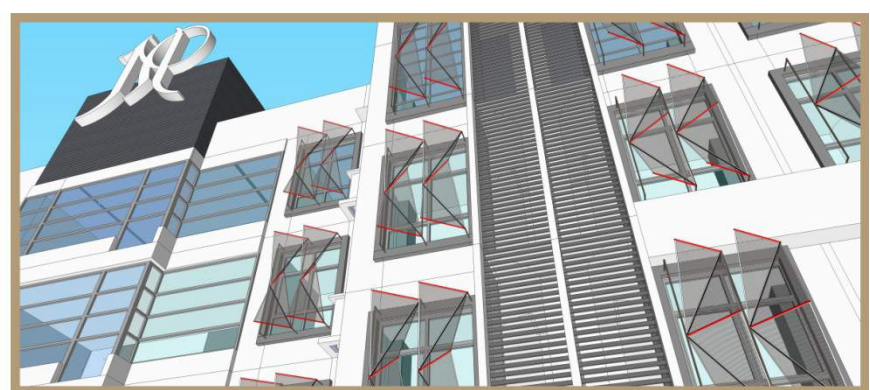
**Perspektif Fasad Tower C**



**Perspektif Fasad Tower A**



**Perspektif Fasad Tower C**



**Perspektif Fasad Tower A**

Gambar 4. 43 Perspektif peletakkan *sun shading* kinetik dengan model alternatif 1



**Perspektif Dari Arah Tenggara**



**Perspektif Dari Arah Barat Daya**



**Perspektif Dari Arah Barat Daya**



**Perspektif Dari Arah Tenggara**

Gambar 4. 44 Perspektif apartemen Metropolis dengan model alternatif 1

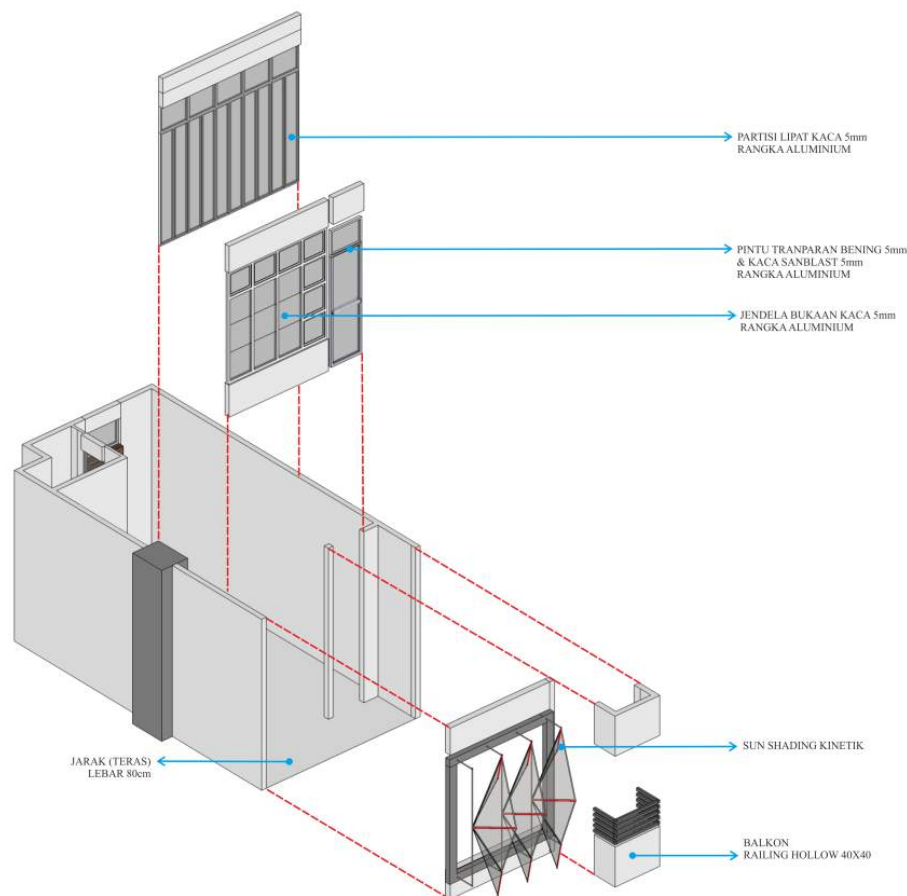


Tahap selanjutnya adalah memberi bentuk alternatif ke 2 pada bentuk tatanan denah tipe hunian pada apartemen Metropolis untuk memeebrikan variasi bentuk pola ruang.

#### 1. *Type 1* kamar tidur

##### Alternatif 2

Permodelan alternatif 2 ini mirip dengan alternatif 1, yaitu terdapat dinding tengah didesain dengan menggunakan partisi lipat dengan material kaca bening dengan frame aluminium, namun pada sisi luar dinding terdapat balkon dengan lebar 80 cm, hal ini berfungsi untuk sirkualsi optimalisasi pemeliharaan terhadap *sun shading* sehingga terdapat pengurangan panjang kamar sejauh 80 cm. Pada model balkon terdapat pergantian bentuk dengan kondisi balkon yang sudah ada, dan balkon dibuat dengan bentuk terbuka . Jendela di desain dengan 2 model kaca mati dan kaca bukaan yang berfungsi untuk sirkulasi udara ked alam unit hunian.

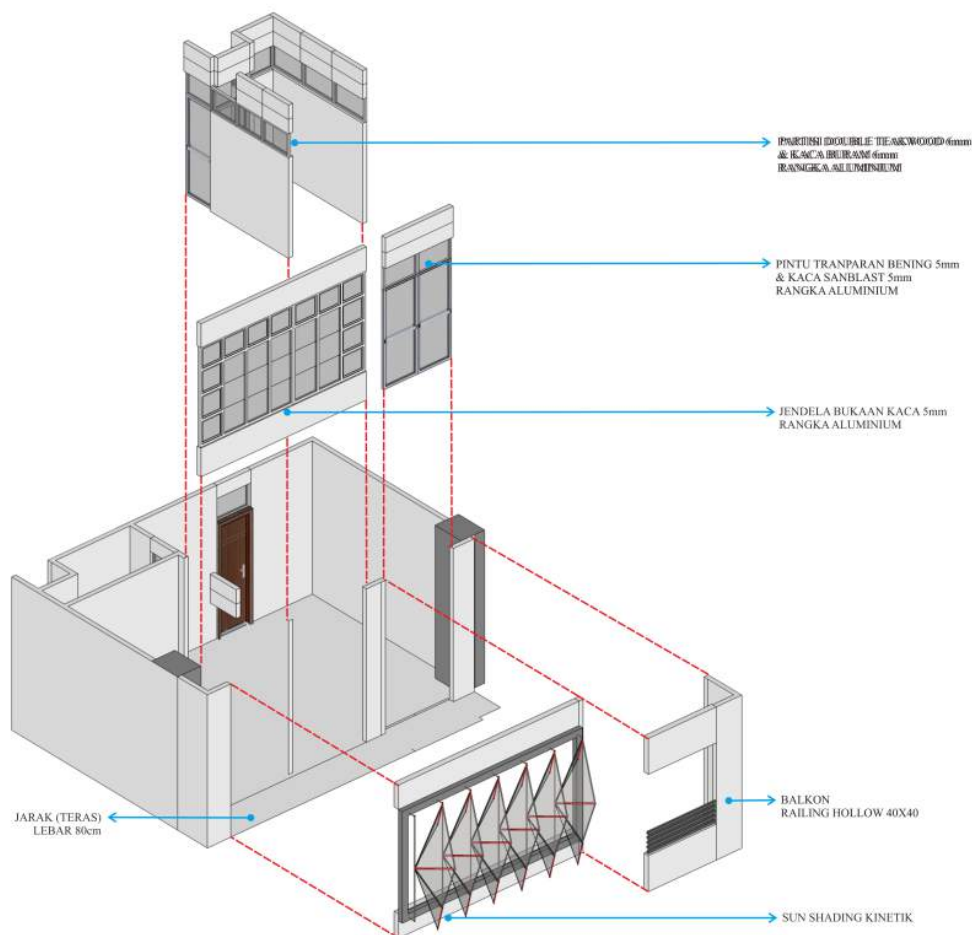


Gambar 4. 45 Hasil perubahan denah type 1 kamar tidur alternatif 2

## 2. Type 2 kamar tidur model A

### Alternatif 2

Permodelan alternatif 2 ini mirip dengan alternatif 1, yaitu dinding pada kamar didesain dengan material semi transparan dengan bahan double teakwood dan kaca bening. Material pintu diganti dengan pintu kaca buram dengan frame aluminium, namun pada sisi dinding luar terdapat jendela yang dengan 2 model kaca mati dan kaca bukaan yang berfungsi untuk sirkulasi udara ke dalam unit hunian. Serta terdapat balkon tambahan dengan lebar 80 cm, hal ini berfungsi untuk sirkulasi optimalisasi pemeliharaan terhadap *sun shading* sehingga terdapat pengurangan panjang kamar sejauh 80 cm. Pada model balkon terdapat pergantian bentuk dengan kondisi balkon yang sudah ada, serta desain balkon dibuat dengan bentuk terbuka.

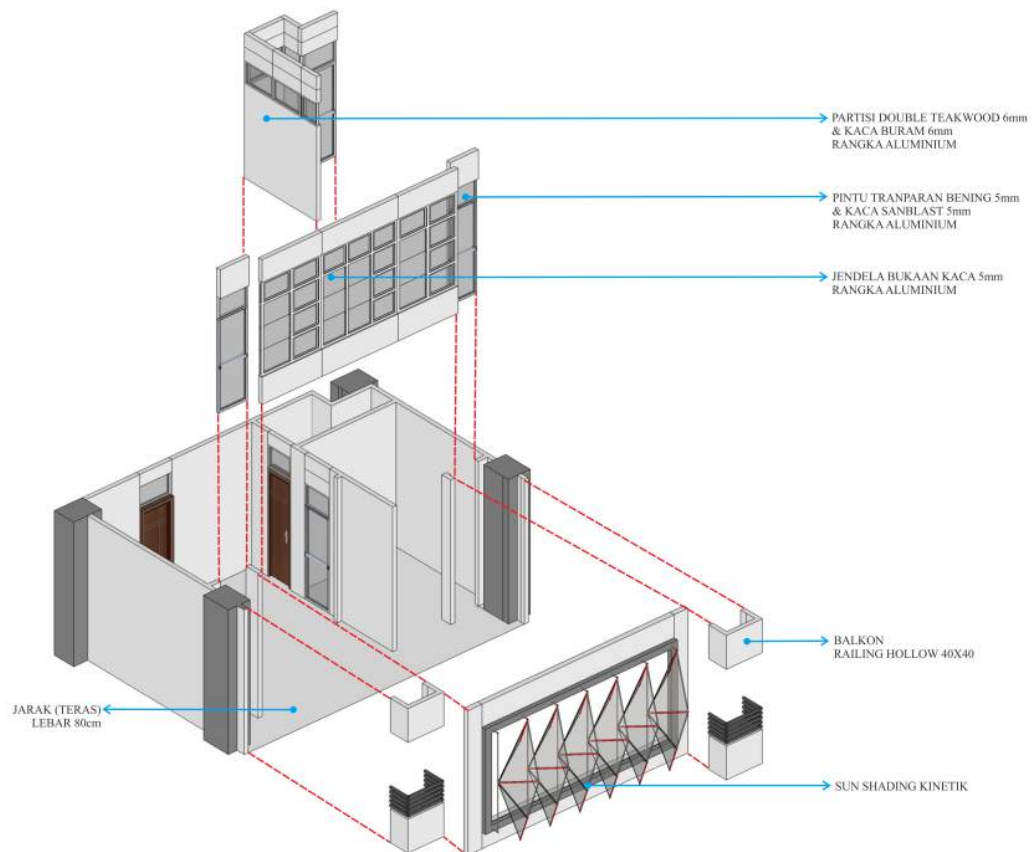


Gambar 4. 46 Hasil perubahan denah type 2 kamar tidur model A alternatif 2

### 3. *Type 2* kamar tidur model C

#### Alternatif 2

Permodelan alternatif 2 ini mirip dengan alternatif 2 *Type 2* kamar tidur model A, yaitu dengan dengan material semi transparan dengan bahan double teakwood dan kaca bening. Serta penggunaan material pada pintu diganti dengan pintu kaca buram dengan frame aluminium. namun pada sisi luar dinding terdapat jendela yang di desain dengan 2 model kaca mati dan kaca bukaan yang berfungsi untuk sirkulasi udara ked alam unit hunian dan terdapat balkon dengan lebar 80 cm, hal ini berfungsi untuk sirkualsi optimalisasi pemeliharaan terhadap *sun shading* sehingga terdapat pengurangan panjang kamar sejauh 80 cm.



Gambar 4. 47 Hasil perubahan denah *type 2* kamar tidur model C alternatif 2

### 4. *Type Penthouse*

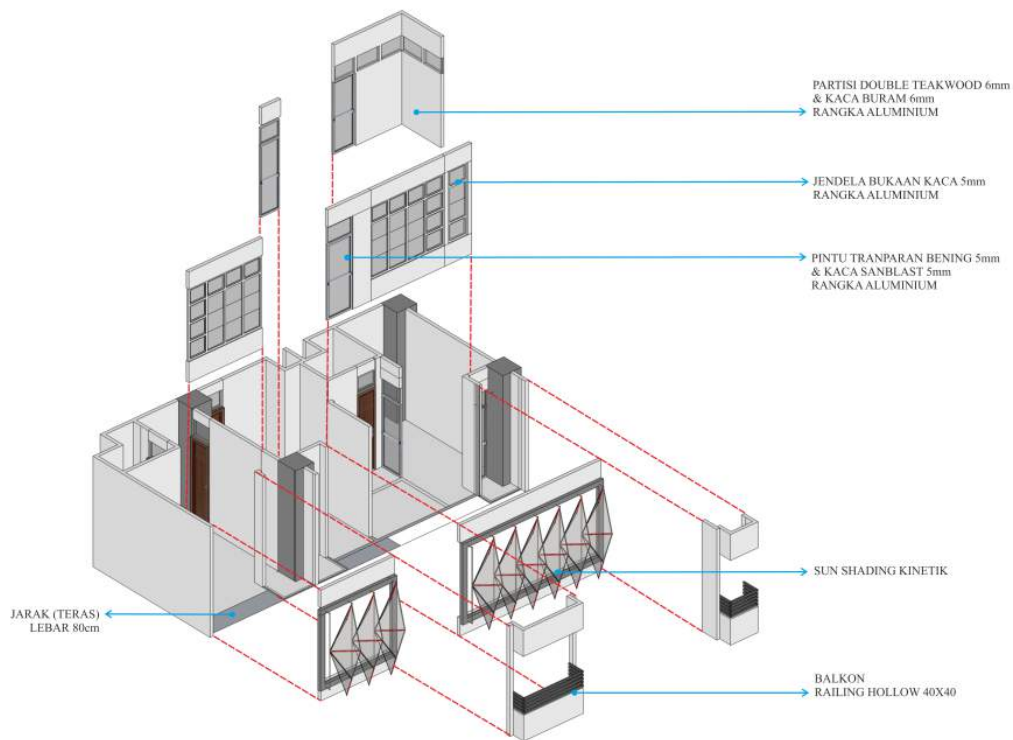
#### Alternatif 2

Permodelan alternatif 2 ini mirip dengan alternatif 1, yaitu Desain unit ini dengan menggunakan dinding bahan double teakwood dan kaca bening pada unit kamar, namun pada unit kamar utama tetap menggunakan dinding masif. Pada

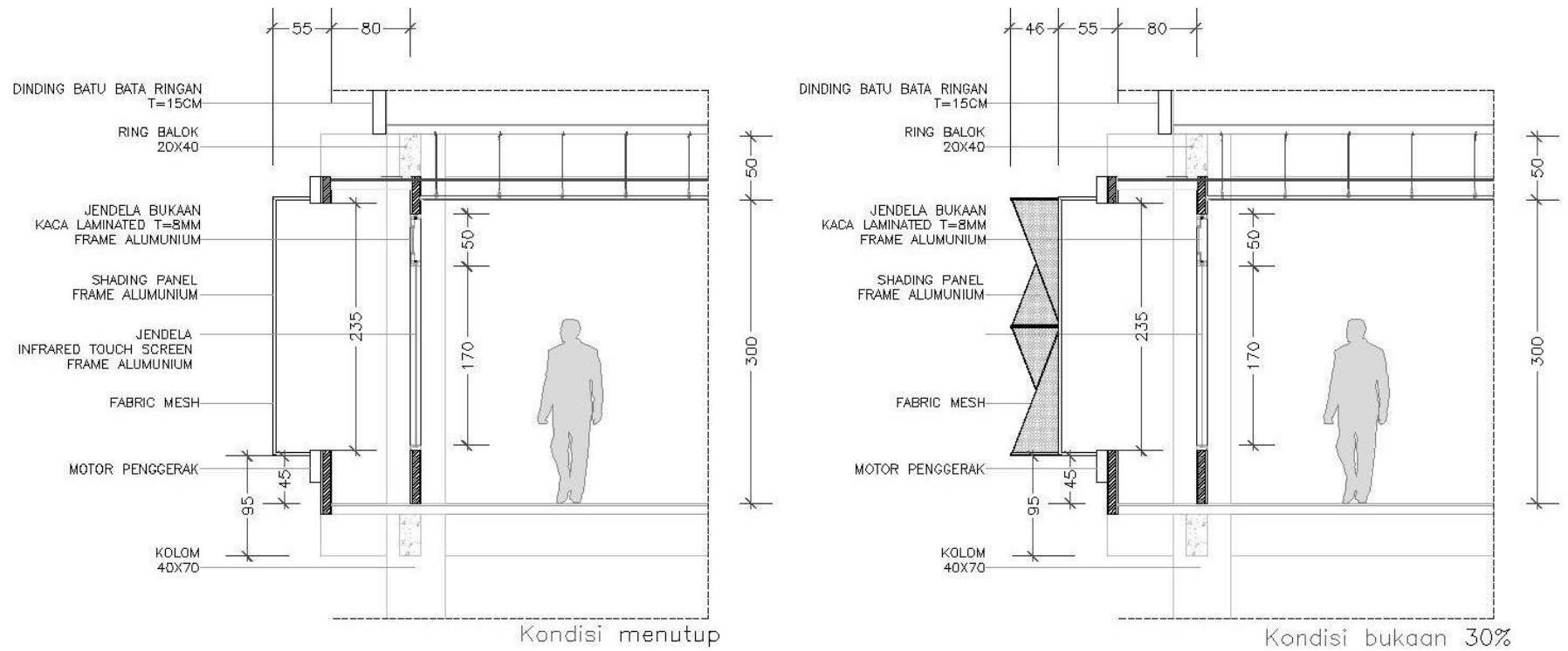


model balkon terdapat pergantian bentuk dengan kondisi balkon yang sudah ada, dan balkon dibuat dengan bentuk terbuka. Serta pada pintu menggunakan material pada pintu diganti dengan pintu kaca buram dengan frame aluminium.

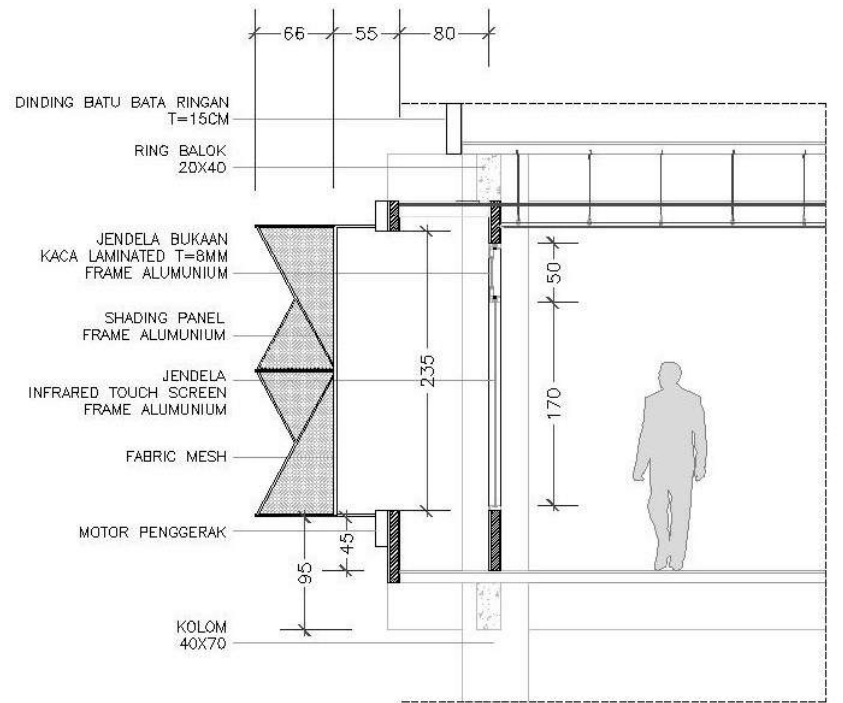
pada sisi luar dinding terdapat balkon dengan lebar 80 cm, hal ini berfungsi untuk sirkualsi optimalisasi pemeliharaan terhadap *sun shading* sehingga terdapat pengurangan panjang kamar sejauh 80 cm. Jendela di desain dengan 2 model kaca mati dan kaca bukaan yang berfungsi untuk sirkulasi udara ke dalam unit hunian.



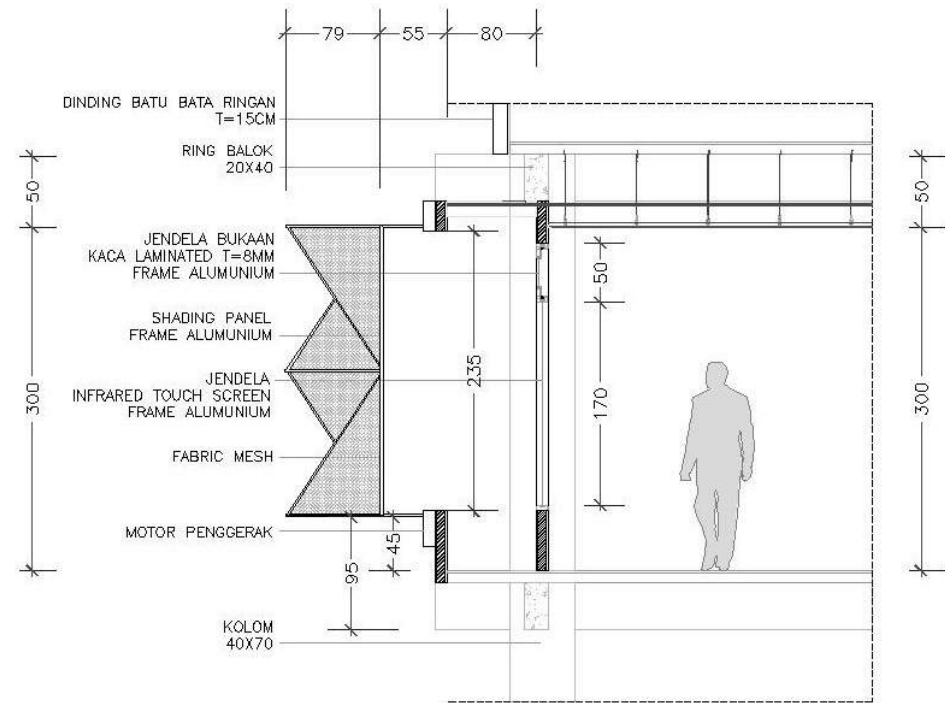
Gambar 4. 48 Hasil perubahan denah *penthouse* alternatif 2



Gambar 4. 49 Gambar potongan mekanisme *sun shading* pada dinding fasad kondisi menutup dan menutup 30% dengan peletakkan balkon lebar 80 cm



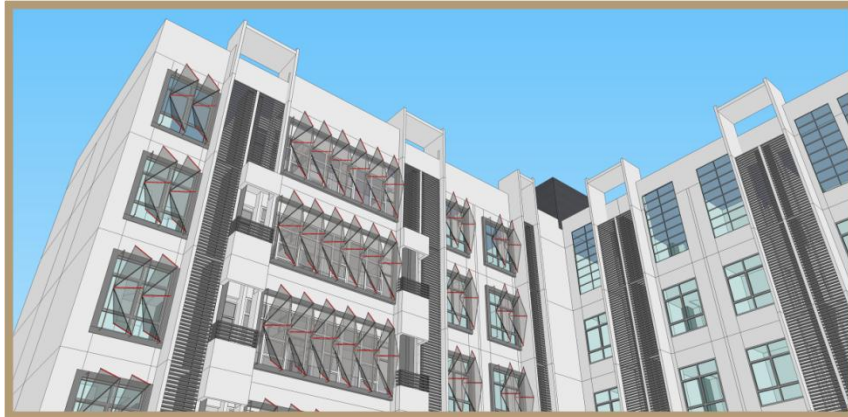
Kondisi bukaan 55%



Kondisi bukaan 75%

Gambar 4. 50 Gambar potongan mekanisme *sun shading* pada dinding fasad bukaan 55% dan 75% dengan peletakkan balkon lebar 80 cm

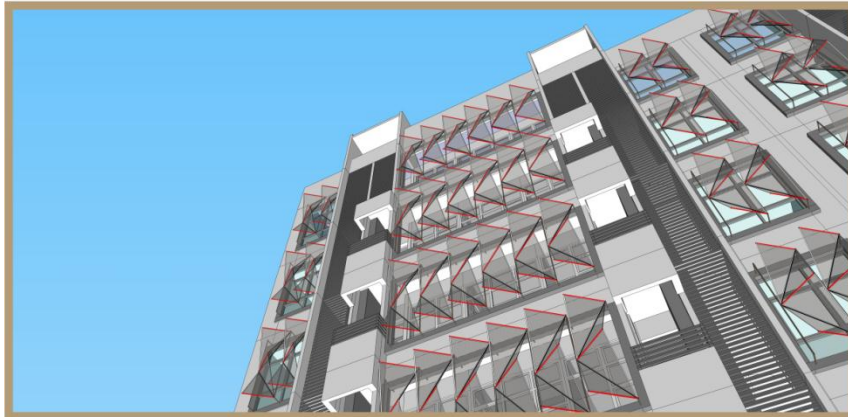
Pada gambar diatas, *sun shading* diletakkan pada setiap tepian balkon, hal ini berfungsi untuk memebri ruang gerak penghuni untuk melakukan perawatan kepada *sun shading* kinetik. Hal ini juga berfungsi untuk mempermudah bukaan pada jendela untuk sirkulasi angin ke dalam bangunan.



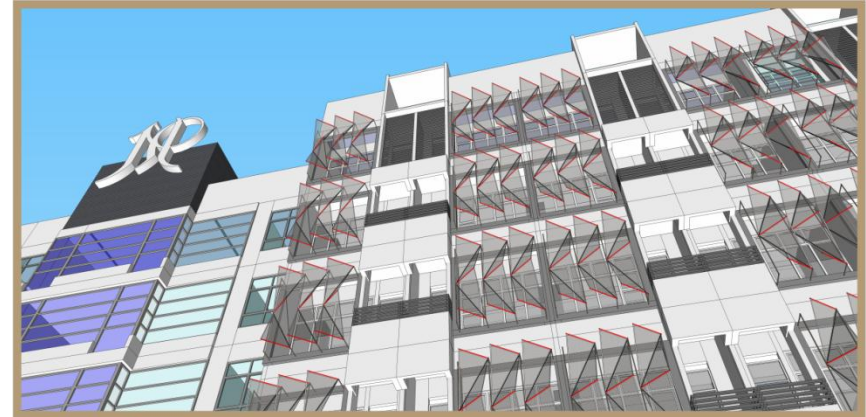
**Perspektif Fasad Tower C**



**Perspektif Fasad Tower A**



**Perspektif Fasad Tower C**



**Perspektif Fasad Tower A**

Gambar 4. 51 Perspektif peletakkan *sun shading* kinetik dengan model alternatif 2



**Perspektif Dari Arah Tenggara**



**Perspektif Dari Arah Barat Daya**



**Perspektif Dari Arah Barat Daya**

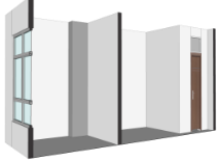







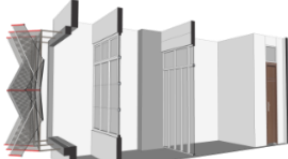

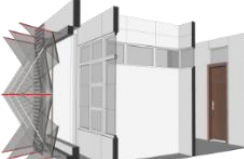



**Perspektif Dari Arah Tenggara**

Gambar 4. 52 Perspektif apartemen Metropolis dengan model alternatif 2



Tabel 4. 34 Evaluasi integrasi *sun shading* terhadap bentuk unit hunian

Desain Alternatif	Type Unit Hunian			
	Type 1 Kamar	Type 2 Kamar A	Type 2 Kamar C	Type Penthouse
Kondisi Eksisting				
	Tiap type hunian terdiri atas ruang tidur, kamar mandi dan ruang keluarga.			
Alternatif 1 (Penambahan <i>Sun shading</i> pada fasad)				
	<b>Kelebihan :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Perlindungan terhadap radiasi matahari secara optimal karena <i>sun shading</i> dirancang dengan posisi tepat di depan bukaan (jendela)</li> </ul> <b>Kekurangan :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pemeliharaan yang cukup sulit</li> </ul>			
Alternatif 2 (Penambahan <i>Sun shading</i> dan balkon selebar 80cm)				
	<b>Kelebihan :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Melindungi interior hunian terhadap radiasi matahari dengan <i>sun shading</i> dirancang berada di depan bukaan (jendela)</li> <li>• Kemudahan akses serta jangkauan pemeliharaan dan rancangan lebih memperhatikan keamanan dan keselamatan manusia</li> </ul> <b>Kekurangan :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Terdapat pengurangan luasan hunian</li> </ul>			

Berdasarkan evaluasi tabel diatas, didapat hasil bahwa tiap rancangan antara alternatif 1 dan alternatif 2 memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing. Pada alternatif 1 menggunakan penambahan sistem *sun shading* kinetik pada tiap bukaan jendela dengan memberikan jarak 80 cm ke dinding fasad untuk memberikan ruang bukaan pada jendela sebagai sirkulasi udara. Desain ini memiliki kekurangan yaitu tidak terdapat akses pemeliharaan pada *sun shading* kinetik.

Sedangkan pada alternatif 2 terdapat ruang sirkulasi selebar 80cm dalam memberi kemudahan jangkauan ke *sun shading* kinetik. Bentuk balkon disesuaikan pada fungsi keamanan dan keselamatan penghuni terhadap kemungkinan terjadinya kebakaran. Namun desain ini memiliki kekurangan sebab memiliki pengurangan lebar unit hunian 80cm untuk memberi ruang sirkulasi pada balkon.

Dari berbagai pembahasan tersebut dapat disimpulkan bahwa desain alternatif 2 merupakan alternatif yang paling baik bila ditinjau dari kriteria yang telah ditetapkan.

1. Desain alternatif 2 menghasilkan bentuk rancangan arsitektural untuk mengatasi polemik penghuni berupa silau matahari dari sumber cahaya matahari.
2. Desain alternatif 2 mampu bergerak seefisien mungkin
3. Desain alternatif 2 diintegrasikan dengan desain *sun shading* kinetik yang memiliki lipatan geometris yang efisien.

#### **4.8 Evaluasi Pembayangan Sistem Kerja *Sun Shading* Kinetik**

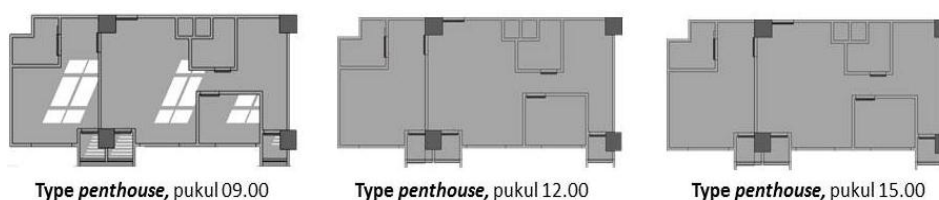
Tahap ini merupakan evaluasi hasil pembayangan yang dihasilkan oleh sistem bukaan *sun shading* kinetik terhadap interior unit hunian. Jalur matahari menjadi faktor yang paling penting dalam hasil ragam pembayangan yang dihasilkan. Kondisi objek kasus apartemen yang menjadi sampel adalah tower B dan C. Kondisi fasad tower B menghadap selatan dan pada tower C menghadap Barat dan Timur, sisi fasadnya mengalami penyinaran langsung pada waktu pagi dan sore hari.

Evaluasi pembayangan ini bertujuan untuk mendapatkan hasil variasi data yang dihasilkan berupa persentase cahaya matahari yang masuk berdasarkan persentase *sun shading* kinetik terhadap orientasi pergerakan matahari. Adapun evaluasi pembayangan dilakukan pada bulan September. Penyinaran Matahari Rata-rata pada bulan ini 1183,39 Watt/m<sup>2</sup>. Evaluasi dilakukan di area apartemen yang menjadi objek kasus. Tabel gambaran evaluasi pembayangan pada denah unit hunian yang dihasilkan berdasarkan simulasi yang dilakukan pada pukul 09.00, 12.00 dan 15.00 (tabel lampiran 1 sampai tabel lampiran 8).



Gambar 4. 53 Pembayangan apartemen pada tapak pada bulan September

Berdasarkan hasil evaluasi dapat diketahui bahwa tower C sisi timur mengalami menyinaran berlebih pada pukul 09.00 akibat adanya cahaya matahari langsung dari arah timur, namun pada sisi ini pada pukul 15.00 cenderung gelap akibat sumber cahaya matahari berada di arah barat. Pada pukul 12.00, interior unit hunian cenderung gelap akibat posisi matahari berada diatas bangunan, namun pada bulan ini, matahari cenderung condong ke selatan , sehingga posisi tower C terhalang oleh tower A dan B.

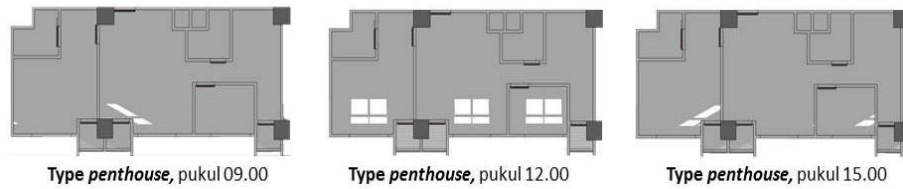


Gambar 4. 54 Pembayangan type *penthouse* pada tower C

Pada tower A, sisi fasad cenderung disinari cahaya matahari secara intensif, hal ini terlihat pada hasil evaluasi dilakukan terlihat bahwa cahaya matahari masuk ke dalam interior sepanjang waktu. Terlihat pada pukul 12.00 merupakan waktu siang matahari masuk secara berlebih, dan pada pukul 09.00 dan 15.00

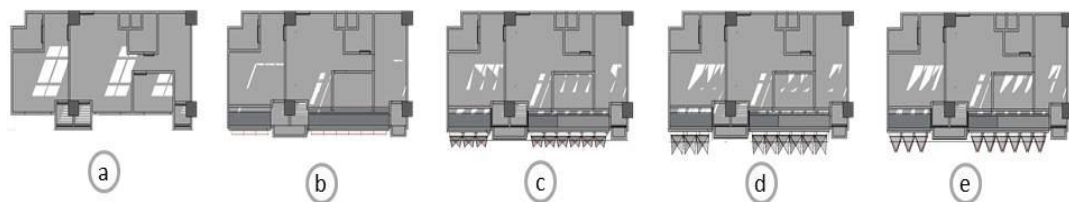


merupakan waktu cahaya matahari mengalami penurunan jumlah cahaya matahari yang masuk.



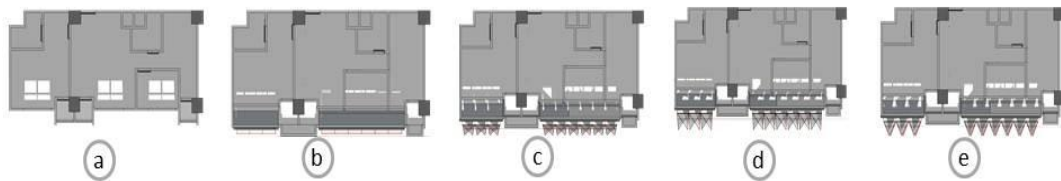
Gambar 4. 55 Pembayangan type *penthouse* pada tower A

Penggunaan *sun shading* pada sisi fasad dapat mereduksi cahaya matahari yang masuk. Penggunaan bukaan *sun shading* ini didasari atas kebutuhan penghuni. Setiap persentase bukaan memiliki variasi yang berbeda dalam jumlah cahaya matahari yang masuk ke dalam unit hunian.



Gambar 4. 56 Variasi pembayangan yang dihasilkan pada *penthouse* tower C, a) tanpa *sun shading*, b) bukaan *sun shading* 0%, c) bukaan *sun shading* 30%, d) bukaan *sun shading* 55% dan e) bukaan *sun shading* 75%

Pada gambar 4.56, *penthouse* tower C, persentase cahaya matahari yang masuk pada pukul 09.00 mengalami variasi. Semakin besar bukaan *sun shading* maka semakin besar cahaya matahari yang masuk. Begitu pula *penthouse* tower A pada gambar 4.57, mengalami variasi cahaya matahari yang masuk.



Gambar 4. 57 Variasi pembayangan yang dihasilkan pada *penthouse* tower A, a) tanpa *sun shading*, b) bukaan *sun shading* 0%, c) bukaan *sun shading* 30%, d) bukaan *sun shading* 55% dan e) bukaan *sun shading* 75%

#### 4.9 Analisa Material dan Sistem Kerja *Sun Shading* Kinetik

Pada sub bab ini akan menganalisa pemilihan material serta sistem kerja yang akan dipakai pada *sun shading*. Proses analisa ini akan melalui konsep rancangan yang berawal dari parameter dan kriteria desain yang telah ditetapkan sehingga muncul konsep rancangan yang diinginkan. Adapun konsep rancangan pada tahap ini terlihat pada tabel 4.35 :

Tabel 4. 35 Konsep rancangan material dan sistem kerja

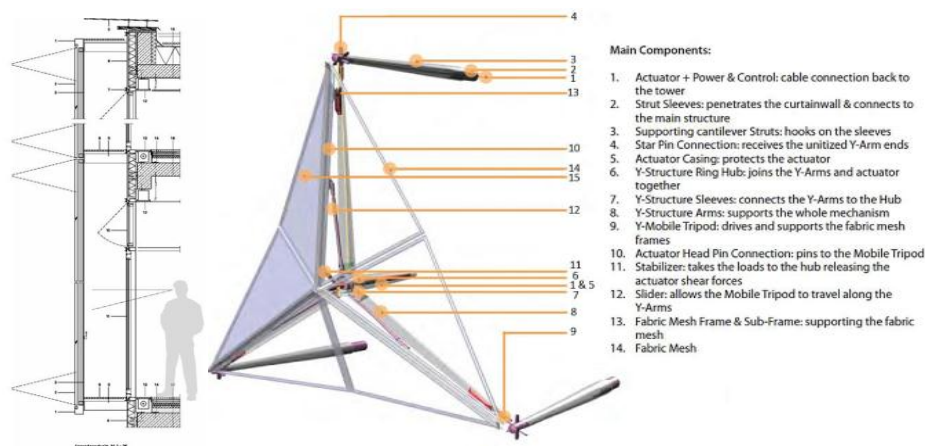
No.	Parameter	Kriteria Desain	Konsep Rancangan
1.	Fasad Kinetik : Sistem pergerakan kinetik. <i>Sun shading</i> : Bentuk desain <i>sun shading</i> berdasarkan kondisi pergerakan angin	Perlu adanya rancangan <i>sun shading</i> yang bersifat fleksibel berdasarkan keinginan penghuni apartemen Metropolis Tata letak kinetik, perlu dipertimbangan berdasarkan kebutuhan fasad	<i>Sun shading</i> yang bersifat fleksibel Material shading yang mengkondisikan pergerakan angin

Studi kasus sejenis terhadap penggunaan *shading* kinetik yaitu pada bangunan Kiefer Technic Showroom dan Al Bahar Towers. Kemiripan dari kedua studi kasus ini menggunakan sistem komputer dalam menggerakkan sistem *shading* pada fasadnya. Hal ini bertujuan untuk menghasilkan variasi bentuk pembayangan pada interior bangunan yang diinginkan oleh penghuninya.



Gambar 4. 58 (kiri) Kiefer Technic Showroom dan (kanan) Al Bahar Towers (Archdaily, 2015)

Adapun detail mekanisme kerja *shading* pada kedua studi kasus ter lihat pada gambar berikut 4.59.



Gambar 4. 59 Perbandingan sistem kerja Kiefer Technic Showroom (kiri) dan Al Bahar Towers (kanan) (Kineticarchitecture.net, 2015)

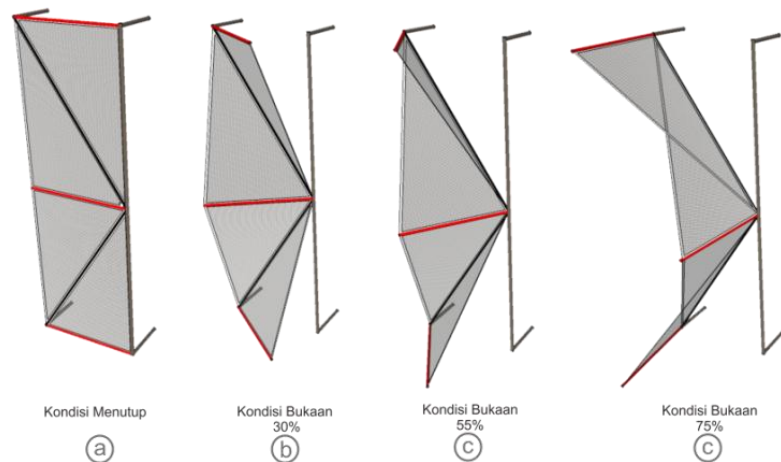
Terlihat pada kedua gambar terdapat sistem mekanisme yang berbeda sebab Kiefer Technic Showroom bergerak akibat sistem kerja 3 sendi yang terdiri 2 sendi utama dan sendi lipat. Sendi utama sebagai gerak motor untuk menggerakkan *shading* menjadi lipatan serta sendi lipat berfungsi sebagai sistem fleksibel diantara kedua panel sehingga memungkinkan panel untuk melipat. Material pada panel menggunakan aluminium panel.

Sedangkan mekanisme komponen Al Bahar Towers memiliki tiga jenis gerakan yaitu tetap, semi-bagian yang bergerak, dan bergerak sebagian, bagian yang tetap mendukung *frame* struktur dan saling bertautan, semi gerak menggerakkan panel PTFE (*polytetrafluoroethylene*) yang membuat gerakan dengan bantuan *Actuator* yaitu mesin penggerak pada *shading*. Penggunaan panel PTFE ini bertujuan untuk mengkondisikan dengan pergerakan angin terhadap fasad *sun shading* pada fasad yang terletak pada bidang yang tinggi.

Persamaan dari mekanisme kedua studi kasus ini adalah memiliki jarak antara *shading* kinetik dengan dinding utama bangunan, hal ini disebabkan *shading* memungkinkan untuk bergerak fleksibel serta memungkinkan dinding utama terdapat bukaan jendela untuk siklus sirkulasi udara ke dalam bangunan. Sehingga nantinya pada desain *sun shading* kinetik pada fasad apartemen akan meniru sistem mekanisme dan posisi peletakkan *sun shading*.

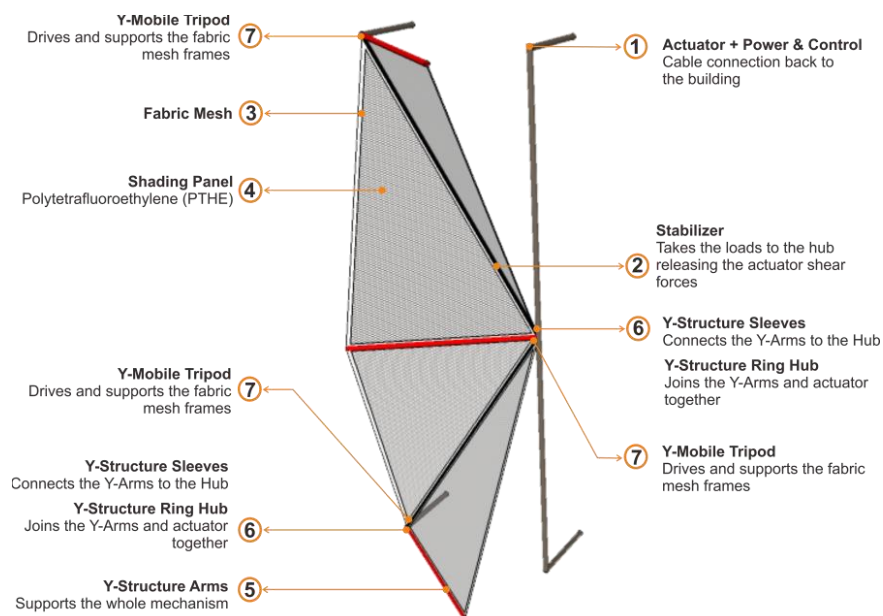
Berdasarkan sistem mekanisme kerja kedua studi kasus diatas, maka dapat disinkronkan antara hasil desain rancang *sun shading* terpilih dengan sistem

mekanisme studi preseden. Adapun detail mekanisme kerja *sun shading* terpilih terlihat pada gambar 4.60.



Gambar 4. 60 Ragam variasi pergerakan *sun shading*

Terlihat pada gambar 4.60, bidang *sun shading* memiliki ragam variasi bentuk yang diakibatkan pergerakan tungkai kinetik, hal ini tungkai merah terlihat pada garis warna merah. Bidang *sun shading* memiliki jarak yang cukup dari bidang fasad apartemen dengan peletakkan bingkai yang berfungsi untuk memberi pergerakan yang leluasa berupa pergerakan horizontal dan vertikal serta bagi *shading* memungkinkan adanya desain jendela yang dapat membuka pada fasad bangunan yang berfungsi untuk sirkulasi udara pada bangunan. Detail *sun shading* dapat terlihat pada gambar 4.61.



Gambar 4. 61 Detail mekanisme *sun shading*

Penggunaan panel *polytetrafluoroethylene* (PTHE) pada *shading* berfungsi sebagai bidang *shading*, sebab material ini bersifat fleksibel serta berpori sehingga sangat cocok terhadap pergerakan sirkulasi angin sehingga tidak membuat goncangan terhadap bidang *sun shading*.



Gambar 4. 62 Panel *polytetrafluoroethylene* (PTHE) (Jamil Majed, 2013)

Berdasarkan analisa diatas, maka konsep bentuk *sun shading* tercapai berdasarkan kriteria yang diinginkan yaitu :

1. Bentuk pergerakan desain *sun shading* yang fleksibel berdasarkan pergerakan tungkai kinetik pada setiap sisi bidang *shading*
2. Pemilihan material panel *polytetrafluoroethylene* (PTHE) yang digunakan pada bidang *shading* digunakan untuk mengkondisikan pergerakan angin.

#### **4.10 Komparasi Preseden dengan Desain Apartemen Metropolis**

Hasil analisa terhadap rancangan apartemen Metropolis yang diawali dengan eksplorasi gerak, bentuk lipatan geometris, pengubahan bentuk denah unit dan sistem mekanisme yang diterapkan pada rancangan, maka didapatkan hasil rancangan terpilih. Adapun bentuk permodelan *sun shading* kinetik ini berfungsi sebagai pembuat bayangan pada interior unit untuk menghasilkan pendinginan pasif serta sebagai penambah nilai estetika. Kedua fungsi ini saling berhubungan satu sama lain, serta bila dikaitkan dengan metoda pelaksanaan berdasarkan studi kasus, maka konsep rancangan *sun shading* kinetik ini dapat dilakukan. Hal ini disebabkan konsep kinetik pada hasil rancangan di adopsi dari bentukan rancangan studi kasus.

Dalam kajian studi preseden disebutkan bahwa penggunaan *sun shading* kinetik digunakan sebagai *secondary skin* serta melindungi dan memberi kenyamanan bagi penghuni. Namun dalam studi preseden belum banyak disebutkan bahwa implementasi gerak turgor dapat di diaplikasikan pada eksplorasi bentuk lipatan bentuk dasar geometri. Untuk memperjelas persamaan dan perbedaan desain pada preseden dan apartemen Metropolis, maka dapat dijelaskan pada tabel mengenai komparasi konsep pada kedua rancangan.

Tabel 4. 36 Komparasi Desain Preseden dengan Bangunan

<b><i>Sun Shading Kinetik</i></b>		
<b>Aspek Desain</b>	<b>Preseden</b>	<b>Apartemen Metropolis</b>
Eksplorasi gerak	Gerak kinetik pada preseden hanya berupa 1 dengan permodelan 1 hingga 3 lipatan dengan arah pergerakan 1 arah	Gerak pada desain terpilih memiliki 2 gerakan mengikuti konsep <i>egg crate</i> yaitu vertikal dan horizontal dengan mengadopsi gerak turgor putri malu
Bentuk lipatan geometris	Memiliki 1 – 3 model lipatan	Memiliki 3 model lipatan
Penggubahan bentuk unit hunian	Model <i>sun shading</i> telah ada mengikuti bentuk desain bangunan	Model <i>sun shading</i> diciptakan akibat permasalahan bangunan yang sudah ada
Sistem mekanisme	Sistem mekanisme menggunakan motor kinetik	Sistem mekanisme menggunakan motor kinetik

Dari komparasi antara preseden dengan desain *sun shading* kinetik pada fasad apartemen Metropolis maka didapatkan bahwa terdapat persamaan dan perbedaan dalam mendesain sebuah bangunan dengan konsep biomimetik gerak nasti pada turgor tumbuhan putri malu dengan mengikuti kriteria yaitu adanya rancangan *sun shading* yang bersifat fleksibel berdasarkan keinginan penghuni apartemen Metropolis. Pengertian mengenai perancangan *sun shading* kinetik pada fasad apartemen Metropolis adalah sebuah perancangan yang difungsikan sebagai alat reduksi cahaya matahari yang berlebih dengan memperlihatkan iklim kondisi kota Surabaya, selain itu menjadikan wujud lipatan bidang *sun shading* seefisien mungkin dalam kemudahan gerak melipat bidang.

Dalam kriteria gerak lipatan pada preseden memperlihatkan 1 hingga 3 lipatan dengan mengikuti konsep yang satu dengan bangunan dengan artian fasad bangunan dan desain *sun shading* kinetik menjadi satu. Pada rancangan *sun shading* fasad apartemen Metropolis memiliki prinsip yang sama dengan preseden, namun yang menjadi berbeda adalah ide pergerakan yang tungkai kinetik yang bergerak secara vertikal dan horizontal sebagai bentuk pergerakan yang diinginkan oleh penghuni untuk menghasilkan bentuk kenyamanan.

Berdasarkan kriteria yang telah ditentukan, maka dapat dijabarkan bahwa eksplorasi terhadap konsep desain *sun shading* kinetik dapat diwujudkan dalam :

- a. *Elemen fasad yang mampu mereduksi silau matahari yang masuk ke dalam interior apartemen Metropolis.*

**Preseden :**

*Sun shading* berfungsi sebagai penghalau silau cahaya matahari ke dalam bangunan.

**Rancangan *sun shading* kinetik :**

Rancangan *sun shading* dilakukan untuk mereduksi silau cahaya matahari yang berlebih ke dalam unit hunian bangunan apartemen Metropolis.

- b. *Elemen fasad yang mampu bergerak seefisien mungkin yang memiliki tungkai penggerak motorik kinetik yang sederhana dengan jumlah yang sedikit serta bersifat dinamis dan fleksibel*

**Preseden :**

Lipatan *sun shading* hanya berupa 1 hingga 3 lipatan dengan konsep 1 arah.

**Rancangan *sun shading* kinetik :**

Rancangan lipatan *sun shading* lebih bersifat fleksibel dengan konsep arah vertikal dan horizontal dan dengan jumlah tungkai yang sedikit.

- c. *Elemen fasad yang mampu berintegrasi dengan bidang fasad apartemen Metropolis didasari bentuk geometris.*

**Preseden :**

Bentuk *sun shading* disesuaikan dengan kondisi kebutuhan arsitektural dan iklim disekitar bangunan

**Rancangan *sun shading* kinetik :**

Bentuk *sun shading* didasari dengan persamaan bentuk geometris pada fasad apartemen Metropolis serta didasari oleh pergerakan orientasi matahari terhadap fasad bangunan.

Berdasarkan komparasi yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa kebaruan dalam rancangan *sun shading* kinetik dibandingkan dengan studi preseden yaitu memiliki rancangan lipatan *sun shading* lebih bersifat fleksibel dengan konsep arah vertikal dan horizontal serta pergerakan motorik lipatan *sun shading* ditentukan oleh penghuni dengan bantuan sistem layar sentuh dan mesin penggerak motorik.



*Halaman ini sengaja dikosongkan.*

## **BAB 5**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

1. Hasil dari tesis desain ini adalah ragam bentuk variasi *sun shading* kinetik terpilih yang disesuaikan dengan kondisi bentuk fasad apartemen Metropolis. Perancangan *sun shading* kinetik ini tersusun atas eksplorasi gerak, bentuk lipatan geometris, pengubahan bentuk unit hunian dan mekanisme sistem kerja pada *sun shading* kinetik. Berdasarkan hasil eksplorasi yang dilakukan, maka bentuk *sun shading* terpilih adalah model bentukan geometris *sun shading* persegi model 3, karena model ini mampu mendekati standar kenyamanan visual 30% untuk menghadap barat dengan bukaan 55% pada *sun shading* dengan nilai persentase bayangan 68 % cahaya 32 % untuk penyinaran bulan 19 Juni, bayangan 67 % cahaya 33 % untuk penyinaran bulan 15 September dan bayangan 69 % cahaya 31 % untuk penyinaran bulan 18 Desember. Serta kenyamanan visual untuk orientasi menghadap selatan berada pada bukaan 30 % pada bulan 18 Desember dengan nilai persentase bayangan 70 % cahaya 30 %. Bentuk ini memiliki tungkai penggerak yang efisien sejumlah 3 tungkai dan memiliki kemiripan bentuk dengan fasad bangunan apartemen metropolis.
2. Konsep metode transfer biomimatik yang tepat pada perancangan tesis adalah menggunakan metode transfer Nachtigall (Petra Gruber) yang dapat digunakan pada konsep implementasi gerak nasti pada turgor tumbuhan putri malu (*Mimosa Pudica*). Metode ini menggabungkan dua karakteristik antara tumbuhan putri malu dan desain *sun shading* menjadi satu konsep baru sehingga menghasilkan konsep gerak kinetik pada *sun shading*, Konsep desain *sun shading* ini diintegrasikan terhadap fasad apartemen Metropolis dengan adanya perubahan yang disesuaikan dengan kondisi tapak dan model bentuk hasil rancangan *sun shading*.

3. Model unit hunian alternatif 2 mampu memberikan keuntungan bagi penghuni apartemen sebab desain ini memiliki ruang teras selebar 80cm untuk kemudahan akses serta jangkauan pemeliharaan pada panel *sun shading* kinetik serta model rancangan model unit hunian ini lebih memperhatikan keamanan dan keselamatan manusia, namun model ini memiliki kelemahan yaitu mengalami pengurangan luasan unit hunian.
4. Pada rancangan fasad apartemen Metropolis memiliki prinsip yang sama dengan preseden yaitu menggunakan *sun shading* dengan bantuan mekanisme penggerak otomatis dalam menyelesaikan solusi berupa silau cahaya matahari, namun yang menjadi berbeda adalah rancangan *sun shading* yang bersifat fleksibel serta ide pergerakan yang tungkai kinetik yang bergerak secara vertikal dan horizontal sebagai bentuk pergerakan yang diinginkan oleh penghuni untuk menghasilkan pembayangan buatan.

## 5.2 Saran

1. Hasil penelitian dan perancangan ini direkomendasikan kepada para akademisi, tentang proses eksplorasi *sun shading* bentuk kinetik berdasarkan metode transfer biomimetik dengan implementasi karakteristik alam. Hasil ini nantinya sebagai masukan mendapatkan ragam gerak bentuk variasi rancangan *sun shading* fasad kinetik yang dihasilkan dapat menjadi tolak ukur perancangan apartemen Metropolis ataupun bangunan lainnya. Serta memperkaya ruang lingkup eksplorasi bentuk *sun shading* fasad kinetik.
2. Hasil penelitian dan perancangan ini dapat sebagai masukan pada pihak apartemen Metropolis dalam pengubahan bentuk fasad dalam menyelesaikan permasalahan pada tingkat kenyamanan penghuni berdasarkan pergerakan orientasi matahari pada bangunan.
3. Hasil penelitian dan perancangan ini kedepannya dapat dikembangkan dan diteliti lebih lanjut diluar konteks pembahasan yang sudah ada didalam desain tesis ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Akmal, I., (2007). *Menata Apartemen*. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta
- Aste N, dkk, (2013), *An algorithm for designing dynamic solar shading system*, Department of Building Environment Science & Technology, Politecnico di Milano, Via Bonardi 9, Milano, jurnal didownload dari <http://www.sciencedirect.com>, diakses pada tanggal 09 September 2014, 03.20 PM
- Arikunto, S. (2002), *Prosedur Penelitian, Suatu Pendekatan Praktek*. PT Rineka Cipta, Jakarta
- Ashihara Yoshinobu. (1986), *Perancangan Eksterior dalam Arsitektur*, Penerbit Abdi Widya, Bandung.
- Ching, F.D.K., (1999), *Arsitektur: Bentuk, Ruang dan Susunannya*. Cetakan ke-7. Erlangga, Jakarta
- Creswell John W. (2003), *Research design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*: SAGE
- De Chiara, dkk. (2001). *Time-Saver Standards for Building Types (Fourth Edition)*. Singapore: Mc Graw Hill Book Companies Inc.
- Francis dan Marcus CC. (1998), *People Places : Design Guidelines for Urban Open Space*. Jhon Wiley & Sons.
- Frick, H dan Mulyani, T.H. (2006), *Seri Eko-Arsitektur 2, Arsitektur Ekologis*. Kanisius, Yogyakarta dan Soegijapranata University Press, Semarang.
- Frick, H dan Widmer, Petra., (2006), *Membangun, Membentuk, Menghuni*. Kanisius, Yogyakarta
- Groat, dkk, (2002), *Architectural Research Methods* , John Wiley Inc., Canada.
- Gruber P., (2011), *Biomimetic In Architecture*. SpringerWienNewYork , New York
- Halim D., (2005), *Psikologi Arsitektur Pengantar Kajian Lintas Disiplin*. Grasindo, Jakarta
- Haryadi dan Setiawan, B. (1995), *Arsitektur Lingkungan dan Perilaku* , DIT JEN DIKTI Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, Jakarta.

- Hassan dkk, (2013), *Shading Analysis on Front Facade of Modern Terraced House Type in Petaling Jaya, Malaysia*, jurnal didownload dari <http://www.sciencedirect.com>, diakses pada tanggal 10 September 2014, 13.30PM
- Jamil M. (2013), *Design strategy for adaptive kinetic patterns: creating a generative design for dynamic solar shading systems*, Disertasi Ph.D., didownload dari <http://www.academia.edu>, diakses pada tanggal 10 Mei 2015, 13.45 PM
- Kay, R., dan J. Alder. (1999), *Coastal Planning and Management*. E&FN Spon. London.
- Kensek dkk.. (2011). *Daylight Factor (overcast sky) versus Daylight Availability (clear sky) in Computer-based Daylighting Simulations*. *Journal of Creative Sustainable Architecture & Built Environment*, CSABE Vol. 1. didownload dari <http://www.docstoc.com>, diakses pada tanggal 13 Maret 2015, 03.45 PM
- Krier, Rob. (1988), *Architectural Composition, dalam versi bahasa Indonesia diterjemahkan oleh Ir. Effendi Setiadharmha*, dkk. Penerbit Erlangga. Jakarta
- Kristi Poerwandari, (2001), *Pendekatan Kualitatif untuk Penelitian Perilaku Manusia*.
- Lam William M.C. (1977), *Perception and Lighting as Formgivers for Architecture*, Mc Graw-Hill Book Company, New York
- Laurens dan Marcella J.. (2004), *Arsitektur dan Perilaku Manusia*, Grasindo, Jakarta.
- Lechner, N., (2001), *Heating, Cooling, Lighting: Design Methods for Architects*. New York : Wiley
- Lippsmeier, Georg. (1994), *Bangunan Tropis*. Erlangga, Jakarta
- Moloney, (2011), *Designing Kinetics for Architectural Facades*, Routledge, New York
- Nikpour dan Mansour (2011). *Investigating the Effectiveness of Self-Shading Strategy on Overall Thermal Transfer Value and Window Size in High Rise Buildings*, *International Journal of Civil and Environmental Engineering*, , didownload dari <http://www.waset.org>, diakses pada tanggal 13 Maret 2015, 05.45 PM

- Olgyay, V. (1957). *Solar Control and Shading Devices*, Princeton: Princeton University Press, New Jersey
- Poerwadarminata, (1991), *Apartemen*, didownload dari [www.ml.scribd.com/doc/59215188/tugas-apartemen](http://www.ml.scribd.com/doc/59215188/tugas-apartemen), diakses pada tanggal 24 Maret 2015, 01.15 PM
- Priatman, J. (2003), *Energy Conscious Design : Konsepsi dan Strategi Perancangan di Indonesia*, didownload dari <http://puslit.petra.ac.id/journals/architecture/>, Dimensi Teknik Arsitektur Vol. 31, No. 1, Juli 2003: 43-51, diakses pada tanggal 05 Juli 2015, 18.30 PM
- Talarosha B., (2005), *Menciptakan Kenyamanan Thermal*, Jurnal Sistem Teknik Industri Volume 6, No. 3 Juli 2005, didownload dari <http://repository.usu.ac.id.>, diakses pada tanggal 05 Juni 2015, 12.30 PM
- Reichert dkk, (2014a), *Meteorosensitive architecture: Biomimetic building skins based on materially embedded and hygroscopically enabled responsiveness*, Institute for Computational Design (ICD), University of Stuttgart, Germany), jurnal didownload dari <http://www.sciencedirect.com>, diakses pada tanggal 09 September 2014, 01.20 PM
- Reichert dkk, (2014b), *Fibrous structures: An integrative approach to design computation, simulation and fabrication for lightweight, glass and carbon fibre composite structures in architecture based on biomimetic design principles*. University of Stuttgart, Jerman, jurnal didownload dari <http://www.sciencedirect.com>, diakses pada tanggal 09 September 2014, 02.05 PM
- Ren Wei, (2009), *Generative Sun Shade Design*, Submitted to the architectural lighting program In partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Architectural Lighting Design At Hochschule Wismar, Germany, didownload dari <http://lightingdetectives.sg.>, diakses pada tanggal 05 Juni 2015, 12.55 PM
- Satwiko, P. (2004), *Fisika Bangunan 1*, Yogyakarta
- SNI 03-2396-2001, *Tata cara perancangan sistem pencahayaan alami pada bangunan gedung*, didownload dari [http:// pu.go.id.](http://pu.go.id.), diakses pada tanggal 18 Mei 2015, 03.45 PM
- UURS No.16 tahun 1985, *Undang-undang rumah susun*, didownload dari <http://http://ciptakarya.pu.go.id.>, diakses pada tanggal 18 Mei 2015, 04.15 PM
- Wall M. dan Bülow-Hübe H., (2003), *Solar Protection in buildings. Part 2 2000-2002. (Report EBD-R--03/1)*, Lund, Sweden. Div. Energy and Building

*Design, Dept. Construction and architecture*, Lund University. didownload dari <http://www.ebd.lth.se.>, diakses pada tanggal 10 Juni 2015, 03.45 PM

Yuuwono, Abito Bamban, (2007), *Pengaruh Orientasi Bangunan Terhadap Kemampuan Menahan Panas Pada Rumah Tinggal di Perumahan Wonorejo Surakarta.*, Thesis M.T., didownload dari [http://eprints.undip.ac.id/16018/1/A.BAMBAN\\_YU UWONO.pdf](http://eprints.undip.ac.id/16018/1/A.BAMBAN_YU UWONO.pdf) , diakses pada tanggal 05 Juli 2015, 18.30 PM

### **Sumber Studi Kasus dan Gambar:**

Internet ArchDaily (2015), *Architecture projects: Al Bahar Towers*, entry dari <http://www.archdaily.com>, diakses 22 April 2015 02:18 PM.

Internet ArchDaily (2015), *Architecture projects: Beijing National Stadium*, entry dari <http://www.archdaily.com>, diakses 12 September 2014 11:10 AM.

Internet ArchDaily (2015), *Architecture projects: Eastgate Center*, entry dari <http://www.archdaily.com>, diakses 12 September 2014 01:03 PM.

Internet ArchDaily (2015), *Architecture projects: Elephant and Castle Eco Towers*, entry dari <http://www.archdaily.com>, diakses 23 April 2015 11:15 AM.

Internet ArchDaily (2015), *Architecture projects: Kiefer Technic Showroom*, entry dari <http://www.archdaily.com>, diakses 12 September 2014 02:15 PM.

Internet Batavia Apartments (2015), *Architecture projects: Apartemen Penthouse*, entry dari [http://. www.bataviaapartments.co.id](http://www.bataviaapartments.co.id), diakses 12 Mei 2015 11:05 AM.

Internet Green Bay Pluit (2015), *Architecture projects: Apartemen tipe studio*, entry dari [http:// www.greenbaypluit.com/](http://www.greenbaypluit.com/), diakses 12 Mei 2015 10:45 AM.

Internet Green Bay Pluit (2015), *Architecture projects: Apartemen tipe 2 kamar*, entry dari [http:// www.greenbaypluit.com/](http://www.greenbaypluit.com/), diakses 12 Mei 2015 10:50 AM.

Internet Products Alam Sutera (2015), *Architecture projects: Apartemen Loft* , entry dari [http://. www.alam-sutera.com](http://www.alam-sutera.com), diakses 12 Mei 2015 10:55 AM.

Internet Skyscrapercity (2015), *Project : Apartemen Metropolis*, entry dari [http:// www. Skyscrapercity.com](http://www.Skyscrapercity.com), diakses 12 April 2015 10:30 AM.

Internet Solar Shading (2014), *Image : Sun Shading*, entry dari [http:// www. bembook.ibpsa.us](http://www.bembook.ibpsa.us) , diakses 10 September 2014 09:15 AM.

Internet Mimosa (2014), *Image: Mimosa pudica* entry dari [http:// tin247.com](http://tin247.com), diakses 23 September 2014 10:10 AM.

Internet Mimosa Pudica (2014), *Image: Mimosa pudica* entry dari [http:// goldenratio.wikidot.com](http://goldenratio.wikidot.com), diakses 23 September 2014 11:10 AM.

Internet Putri Malu (2015), *Selected works : Mekanisme Gerak* entry dari [http:// boundless.com.com](http://boundless.com.com), diakses 17 April 2015 10:15 AM.

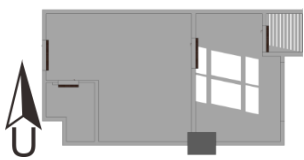
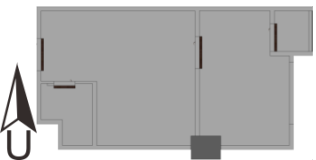

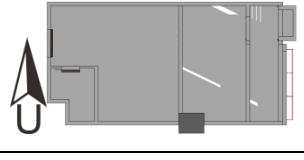
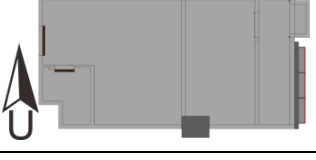

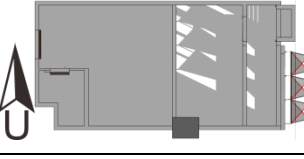


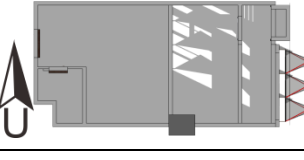


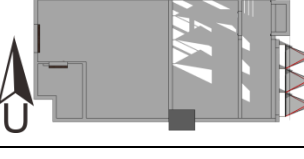




## DAFTAR LAMPIRAN


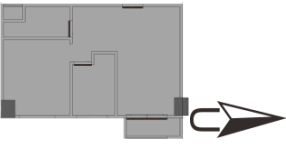

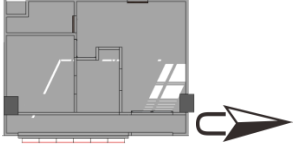
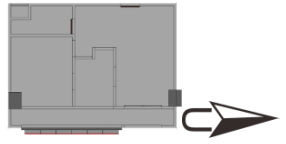

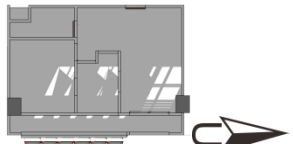
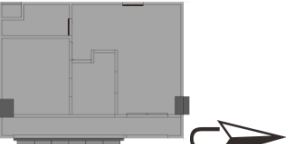
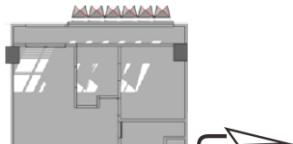
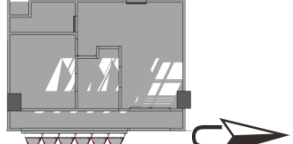
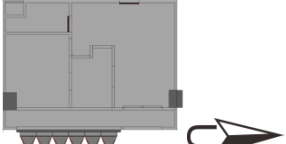


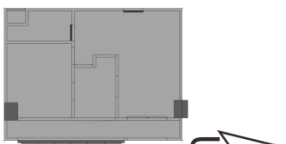
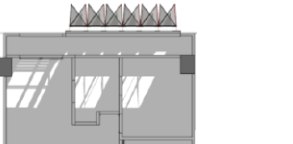
Tabel Lampiran 1	Evaluasi Pembayangan Unit Type 1 Kamar, Tower C .....	139
Tabel Lampiran 2	Evaluasi Pembayangan Unit Type 2 Kamar A, Tower C.....	140
Tabel Lampiran 3	Evaluasi Pembayangan Unit Type 2 Kamar C, Tower C.....	141
Tabel Lampiran 4	Evaluasi Pembayangan Unit Type Penthouse, Tower C.....	142
Tabel Lampiran 5	Evaluasi Pembayangan Unit Type 1 Kamar, Tower A .....	143
Tabel Lampiran 6	Evaluasi Pembayangan Unit Type 2 Kamar A, Tower A .....	144
Tabel Lampiran 7	Evaluasi Pembayangan Unit Type 2 Kamar C, Tower A.....	145
Tabel Lampiran 8	Evaluasi Pembayangan Unit Type Penthouse, Tower A.....	146

## LAMPIRAN EVALUASI PEMBAYANGAN




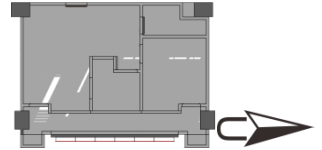

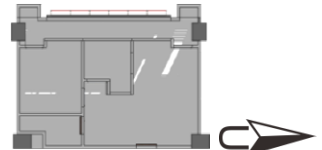
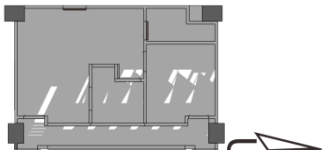

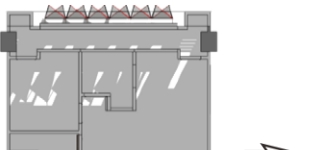
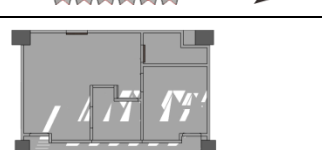

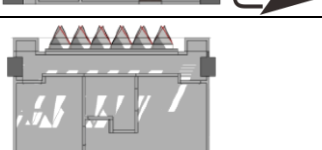
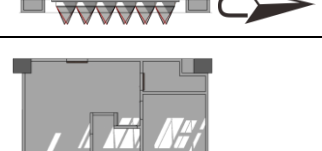
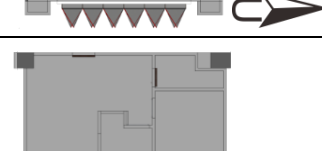
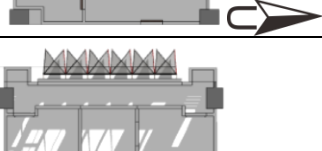
Tabel Lampiran 1 Evaluasi Pembayaran Unit Type 1 Kamar, Tower C

Type 1 Kamar (Bulan September) TOWER C			
Kondisi Unit	Pukul 09.00 (Sisi Timur)	Pukul 12.00	Pukul 15.00 (Sisi Barat)
Kondisi Eksisting			
Bukaan 0%			
Bukaan 30%			
Bukaan 55%			
Bukaan 75%			

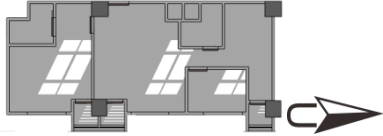




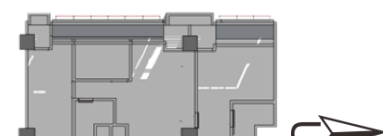
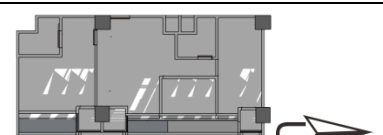


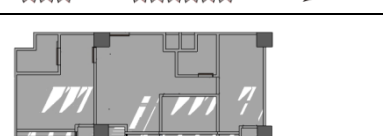
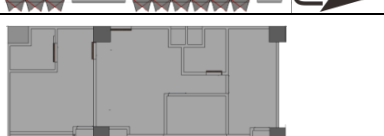
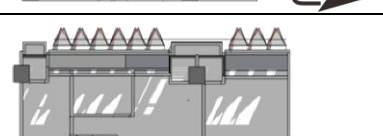
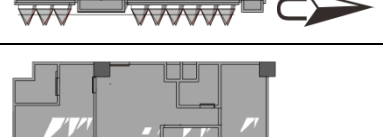
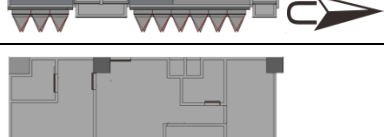

Tabel Lampiran 2 Evaluasi Pembayangan Unit Type 2 Kamar A, Tower C

Type 2 Kamar A (Bulan September) TOWER C			
Kondisi Unit	Pukul 09.00 (Sisi Timur)	Pukul 12.00	Pukul 15.00 (Sisi Barat)
Kondisi Eksisting			
Bukaan 0%			
Bukaan 30%			
Bukaan 55%			
Bukaan 75%			

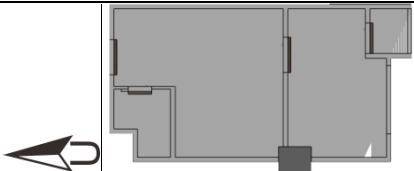
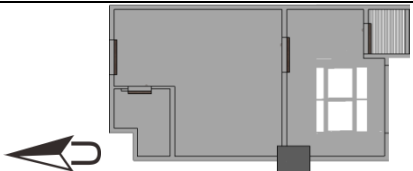
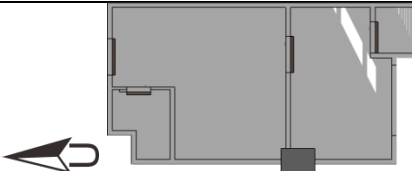
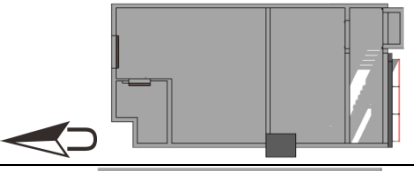
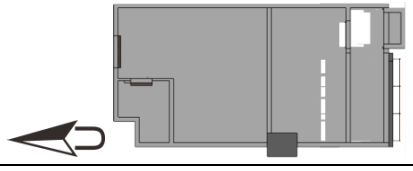
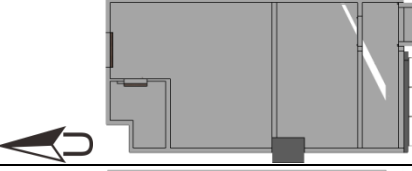
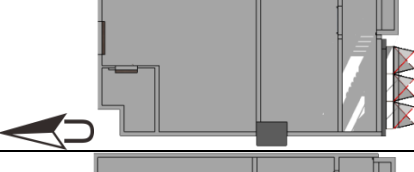
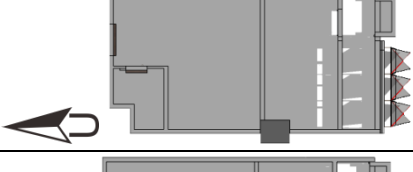
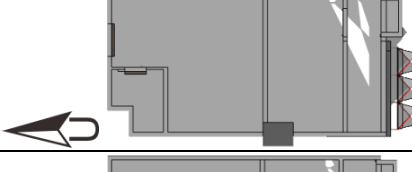
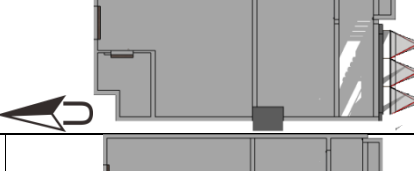
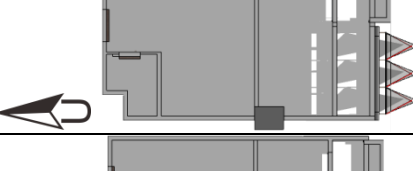
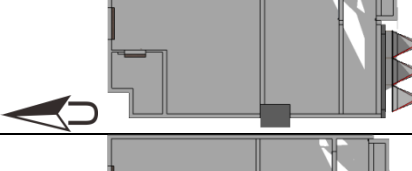



Tabel Lampiran 3 Evaluasi Pembayangan Unit Type 2 Kamar C, Tower C

Type 2 Kamar C (Bulan September) TOWER C			
Kondisi Unit	Pukul 09.00 (Sisi Timur)	Pukul 12.00	Pukul 12.00 (Sisi Barat)
Kondisi Eksisting			
Bukaan 0%			
Bukaan 30%			
Bukaan 55%			
Bukaan 75%			



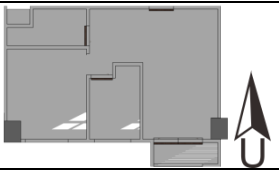

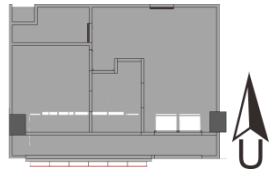
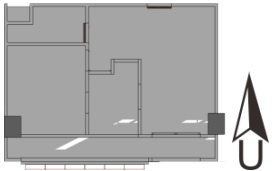

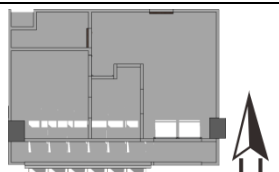
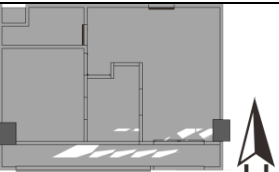
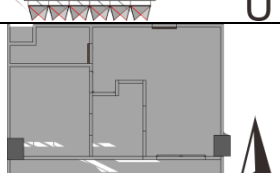
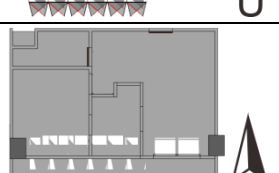
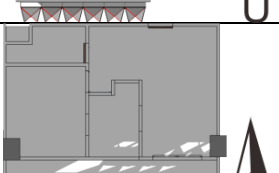
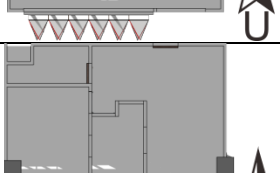
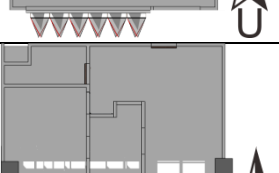
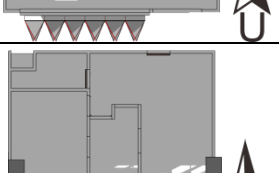
Tabel Lampiran 4 Evaluasi Pembayangan Unit Type Penthouse, Tower C

<b>Type Penthouse (Bulan September) TOWER C</b>			
<b>Kondisi Unit</b>	<b>Pukul 09.00 (Sisi Timur)</b>	<b>Pukul 12.00</b>	<b>Pukul 12.00 (Sisi Barat)</b>
Kondisi Eksisting			
Bukaan 0%			
Bukaan 30%			
Bukaan 55%			
Bukaan 75%			


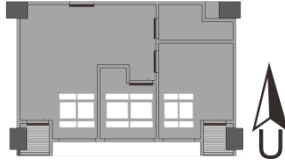





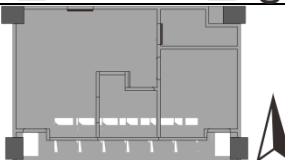
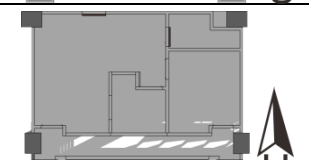

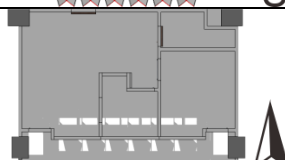

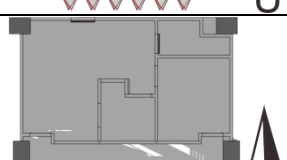
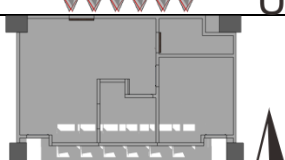
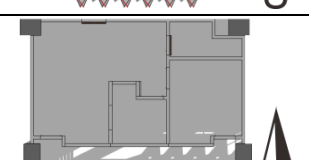
Tabel Lampiran 5 Evaluasi Pembayangan Unit Type 1 Kamar, Tower A

Type 1 Kamar (Bulan September) TOWER A			
Kondisi Unit	Pukul 09.00 (Sisi Timur)	Pukul 12.00	Pukul 15.00
Kondisi Eksisting			
Bukaan 0%			
Bukaan 30%			
Bukaan 55%			
Bukaan 75%			

Tabel Lampiran 6 Evaluasi Pembayangan Unit Type 2 Kamar A, Tower A

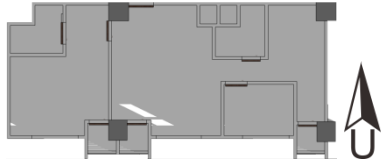






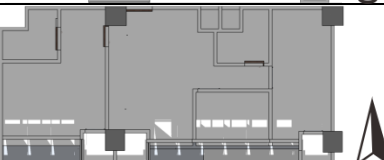


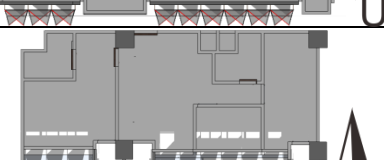

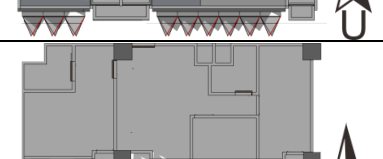
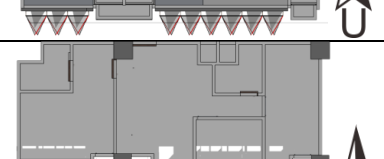
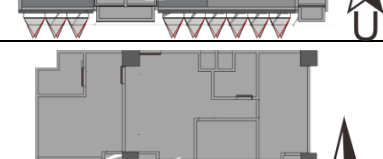
Type 2 Kamar A (Bulan September) TOWER A			
Kondisi Unit	Pukul 09.00 (Sisi Timur)	Pukul 12.00	Pukul 15.00
Kondisi Eksisting			
Bukaan 0%			
Bukaan 30%			
Bukaan 55%			
Bukaan 75%			

Tabel Lampiran 7 Evaluasi Pembayangan Unit Type 2 Kamar C, Tower A

Type 2 Kamar C (Bulan September) TOWER A			
Kondisi Unit	Pukul 09.00 (Sisi Timur)	Pukul 12.00	Pukul 12.00
Kondisi Eksisting			
Bukaan 0%			
Bukaan 30%			
Bukaan 55%			
Bukaan 75%			



Tabel Lampiran 8 Evaluasi Pembayangan Unit Type Penthouse, Tower A

<b>Type Penthouse (Bulan September) TOWER A</b>			
<b>Kondisi Unit</b>	<b>Pukul 09.00 (Sisi Timur)</b>	<b>Pukul 12.00</b>	<b>Pukul 12.00</b>
Kondisi Eksisting			
Bukaan 0%			
Bukaan 30%			
Bukaan 55%			
Bukaan 75%			

## BIODATA PENULIS



Panji Anom Ramawangsa dilahirkan di Medan, 11 September 1989, merupakan anak pertama dari 3 bersaudara. Penulis telah menyelesaikan pendidikan TK di TK Panca Budi Medan, dan melanjutkan pendidikan formal di SDN 30 Cangkeh Padang. Kemudian penulis menempuh pendidikan lanjutan pertama di SMP Negeri 19 Palu dan pendidikan menengah atas di SMA Negeri 5 Palu. Setelah menyelesaikan pendidikan formal pada tahun 2007, penulis meneruskan pendidikan Program Sarjana di Jurusan Arsitektur, Universitas Tadulako selama 4 tahun 3 bulan. Kemudian melanjutkan program S2 pasca sarjana di Institut Teknologi Sepuluh Nopember dengan alur perancangan arsitektur mulai tahun 2013. Sebagian hasil penelitian ini telah dipublikasikan pada Seminar Internasional UNSIQ Wonosobo pada tahun 2015.